This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Informazioni su questo libro

Si tratta della copia digitale di un libro che per generazioni è stato conservata negli scaffali di una biblioteca prima di essere digitalizzato da Google nell'ambito del progetto volto a rendere disponibili online i libri di tutto il mondo.

Ha sopravvissuto abbastanza per non essere più protetto dai diritti di copyright e diventare di pubblico dominio. Un libro di pubblico dominio è un libro che non è mai stato protetto dal copyright o i cui termini legali di copyright sono scaduti. La classificazione di un libro come di pubblico dominio può variare da paese a paese. I libri di pubblico dominio sono l'anello di congiunzione con il passato, rappresentano un patrimonio storico, culturale e di conoscenza spesso difficile da scoprire.

Commenti, note e altre annotazioni a margine presenti nel volume originale compariranno in questo file, come testimonianza del lungo viaggio percorso dal libro, dall'editore originale alla biblioteca, per giungere fino a te.

Linee guide per l'utilizzo

Google è orgoglioso di essere il partner delle biblioteche per digitalizzare i materiali di pubblico dominio e renderli universalmente disponibili. I libri di pubblico dominio appartengono al pubblico e noi ne siamo solamente i custodi. Tuttavia questo lavoro è oneroso, pertanto, per poter continuare ad offrire questo servizio abbiamo preso alcune iniziative per impedire l'utilizzo illecito da parte di soggetti commerciali, compresa l'imposizione di restrizioni sull'invio di query automatizzate.

Inoltre ti chiediamo di:

+ *Non fare un uso commerciale di questi file* Abbiamo concepito Google Ricerca Libri per l'uso da parte dei singoli utenti privati e ti chiediamo di utilizzare questi file per uso personale e non a fini commerciali.

+ *Non inviare query automatizzate* Non inviare a Google query automatizzate di alcun tipo. Se stai effettuando delle ricerche nel campo della traduzione automatica, del riconoscimento ottico dei caratteri (OCR) o in altri campi dove necessiti di utilizzare grandi quantità di testo, ti invitiamo a contattarci. Incoraggiamo l'uso dei materiali di pubblico dominio per questi scopi e potremmo esserti di aiuto.

+ *Conserva la filigrana* La "filigrana" (watermark) di Google che compare in ciascun file è essenziale per informare gli utenti su questo progetto e aiutarli a trovare materiali aggiuntivi tramite Google Ricerca Libri. Non rimuoverla.

+ *Fanne un uso legale* Indipendentemente dall'utilizzo che ne farai, ricordati che è tua responsabilità accertati di farne un uso legale. Non dare per scontato che, poiché un libro è di pubblico dominio per gli utenti degli Stati Uniti, sia di pubblico dominio anche per gli utenti di altri paesi. I criteri che stabiliscono se un libro è protetto da copyright variano da Paese a Paese e non possiamo offrire indicazioni se un determinato uso del libro è consentito. Non dare per scontato che poiché un libro compare in Google Ricerca Libri ciò significhi che può essere utilizzato in qualsiasi modo e in qualsiasi Paese del mondo. Le sanzioni per le violazioni del copyright possono essere molto severe.

Informazioni su Google Ricerca Libri

La missione di Google è organizzare le informazioni a livello mondiale e renderle universalmente accessibili e fruibili. Google Ricerca Libri aiuta i lettori a scoprire i libri di tutto il mondo e consente ad autori ed editori di raggiungere un pubblico più ampio. Puoi effettuare una ricerca sul Web nell'intero testo di questo libro da `http://books.google.com`

1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
SI QUÆRIS PENINSULAM AMŒNAM
CIRCUMSPICE

QC
753
.N74E

QUESTIONI

SUL MAGNETISMO

DEL CAVALIERE

LEOPOLDO NOBILI, 1784-1834

MODENA
PER GLI EREDI SOLIANI
TIPOGRAFI REALI
1838.

QC
753
.N745g

Library com.
Serella
5-22-24
9749

Qualunque ramo di scienza conta un' epoca di splendore, che offusca tutte le altre. Il Magnetismo si trova al dì d'oggi in così bel punto. È questo un onore assicurato per sempre all' età nostra dalla nuova classe di fatti, di cui si è arricchita la fisica dopo la memorabile scoperta di Oersted. Ad onta per altro della luce sparsa in generale sul Magnetismo dalle esperienze elettro-magnetiche, ogni categoria di fatti presenta al fisico una questione a cui o non risponde alcuna delle dottrine sin qui conosciute, o risponde poco plausibilmente. In tale stato di cose pensai che il migliore partito fosse quello di spogliarsi prima d'ogni spirito di sistema, e poscia pigliando la scienza dalla sua origine, procedere di fatto in fatto, di dimanda in dimanda senza accordare verun valore ad altra specie

di conghietture che a quelle confermate a dirittura dalle esperienze, o sostenute dalla forza della più stretta analogia. Chi sarà partito, diceva io fra me medesimo, da un' ipotesi radicalmente vera, troverà in questo metodo la conferma delle primitive sue idee; chi avrà invece sin da principio deviato dal giusto segno, sacrificherà di buon grado all' evidenza de' fatti quelle pretensioni che mal si cedono a fronte delle altrui opinioni. Egli è in tale disposizione d'animo, ch'io intrapresi e condussi al suo termine il libro di *Questioni* che ora presento al pubblico. Non occorre ch' io annunci da questo luogo il numero non indifferente di nuove esperienze e di osservazioni, a cui mi ha condotto il fermo divisamento di non ascoltare altra voce fuori che quella de' fatti. Il leggitore saprà discernere le une e le altre là dove stanno registrate. Non importa nemmeno ch' io mi studii a mostrare l' indipendenza di quest' opera da qualunque siasi altra: bisogna bene che formi un tutto che sussista da se, dal momento che prende la scienza dal suo principio. Premetterò solamente un avviso, ed è che sebbene il lavoro sia tutto fisico, pure lo consacro in buona parte ai geometri, perchè parmi ch' esso stabilisca in un modo positivo i *dati* da cui si dee partire per sottoporre al Calcolo i fenomeni del Magnetismo.

INDICE.

I. Questione. Sulla circolazione interna delle calamite . . . . . *Pag.* 1

Direzione delle circolazioni magnetiche n.° 2. Specie particolari di tali circolazioni 7. Analisi della circolazione immaginata da M. *Ampère* 9.

II. Sul modo con cui si diffonde il magnetismo d'intorno alle calamite . „ 12

Scandaglio di questo magnetismo n.° 16. Prime interpretazioni 18. Legge dell'irraggiamento magnetico 25. Sua analisi 26.

III. Sull'azione reciproca delle calamite. „ 26

Legge generale delle attrazioni e ripulsioni magnetiche n.° 34. Spiegazione di questa legge 37, 38, e 39. Perturbazioni degli assi magnetici 40, e seg.

IV. Sul conflitto elettro-magnetico . . „ 35

Fatto fondamentale n.° 47. Conflitto perpendicolare 50. Conflitto parallelo 56. Giri continui di *Faraday*, *Davy* e *Ampère* 59. Molinello di *Barlow* 71. Anello galleggiante di M. *De La Rive* 74.

V. Sulle nuove leggi elettro-dinamiche. „ 59
Riduzione di queste leggi ad una sola n.° 78. Modo col quale le correnti elettriche propagano la loro azione all'intorno 79. Interpretazione delle leggi elettro-dinamiche 80. Conciliazione di queste leggi cogli antichi canoni delle attrazioni e ripulsioni elettriche 81. Analisi della dottrina di M. *Ampère* 87. e seg.

VI. Sugli spigoli delle calamite . . . „ 82
Forza straordinaria di questi spigoli n.° 95. Modo di concepirla 98.

VII. Sulle parti centrali delle spirali elettriche . . . . . „ 88
Forza magnetica di queste parti n.° 102. Criterio onde distinguere il magnetismo elettrico dal magnetismo ordinario 103. Nuove osservazioni ed esperienze sulla legge con cui si propaga il magnetismo elettrico 104, e 105.

VIII. Sulla luce del magnetismo elettrico. „ 94
Modo di conseguire la luce elettro-magnetica n.° 107. Principio che ha suggerito l'idea d'una tal luce 108.

IX. Sulle sponde delle circolazioni magnetiche . . . . . „ 97
Idee generali su questo soggetto n.° 109. Magnetismo passeggero e permanente 111. Magnetismo di saturazione 113.

X. Sul magnetismo occulto . . . . . „ 104
Esperimenti relativi a questa specie di magnetismo n.° 116. Analisi de' risultati 117, e 118.

XI. Sulla differenza de' corpi magnetici e non magnetici . . . . . „ 109
In che consista tale differenza n.° 120. Posto singolare che il ferro occupa fra i metalli considerati sotto l'aspetto di buoni conduttori del calorico 122. Resistenza opposta da' differenti corpi al passaggio delle cause magnetizzanti 123. Esperienze relative 124, e 125.

XII. Sul magnetismo terrestre . . . „ 116
Legge generale di questo magnetismo n.° 126. Fatti generali di M. *De La Rive* (figlio) 129, e 130. Riduzione di questi fatti ad un solo principio 134. Esperienza del rettangolo d' inclinazione di M. *Ampère* 135. Invariabilità del peso delle calamite 137. Magnetismo naturale 140. Cagione del magnetismo terrestre 141 sino al 149.
Nota. Sull' imponderabilità de' fluidi sottili . . . . . „ 140
XIII. Sulle aurore boreali . . . . . „ 143
Circostanze generali del fenomeno n.° 150. Loro corrispondenza colla circolazione magnetica della terra 152, e 153. Conciliazione delle antiche osservazioni colle nuove del Capitano *Franklin* 154. Fischio delle aurore 156. Situazione importante di *Fort-Enterprize*. 156.
XIV. Sul calore interno della terra . . „ 153
Legge di questo calore dedotta del magnetismo terrestre n.° 158.
XV. Sulla luce zodiacale . . . . . „ 155
Legge d' una tal luce dedotta dall' azione della forza centrifuga del Sole n.° 159. Magnetismo de' globi celesti 160. Oscillazioni diurne ed annuali degli aghi magnetici 161.
XVI. Sull' identità dei due fluidi elettrico e magnetico . . . . . „ 157
Temperatura dei due magnetismi, ordinario ed elettrico n.° 164. Luce d' un solo magnetismo 168. Energia dei due magnetismi 169. Polarità dei due magnetismi 170. Azion chimica del magnetismo 175.
CONCLUSIONE . . . . . „ 170

ERRORI				CORREZIONI
Pag.	35	l.	8-10 NS	Ns
„	39	„	22 RR'R''R'''rr'r''r'''R	RR'R''R'''r'''r''r'rR
„	41	„	17 son d'esse	son desse
„	45	„	5 projezione	projezioni
„	id.	„	8 i raggi	i giri
„	48	„	10-11 d' un sottile ago, cioè da cucire P,	d' un sottile ago cioè da cucire Pz,
„	64	„	13 obbligate	obbligata
„	70	„	20-21 delle così dette	dalla così detta
„	72	„	5 si perdono	si perde
„	74	„	26 ad avvicinarsi od a separarsi	ad avvicinarli od a separarli
„	91	„	2 per tutte quante	per tutti quanti
„	106	„	7-8 di non dubitare	da non dubitare
„	107	„	26-27 eguali all' intorno	eguali tutt' all' intorno
„	id.	„	30 legata dalla condizione	legata alla condizione
„	119	„	4 e trovo che quel polo	e trovo che l' ago
„	111	„	36 Spiegheremo	Ci spiegheremo
„	132	„	26 dello spazio	dallo spazio
„	135	„	17 (117, 3)	(138, 3)
„	id.	„	20 al ritenere	col ritenere
„	154	„	24 calore intorno	calore interno
„	156	„	34-35 periodi scoperbi	periodi scoperti
„	157	„	12 circolazione	rivoluzione

I. QUESTIONE

SULLA CIRCOLAZIONE INTERNA DELLE CALAMITE.

1. Qualunque sia il fluido cui piaccia d' attribuire i fenomeni magnetici, non pare che si possa più dubitare della natura del movimento, con cui esso fluido esercita le sue funzioni. Ed infatti dal momento, che lo studio degli effetti, di cui sono capaci le correnti elettriche incanalate sopra conduttori piegati in forma d' anelli $rr'z'$ (*Fig.* 1.), o di spirali cilindriche rz (*Fig.* 2.), o altrimenti, ha condotto i fisici a riconoscere in tali effetti altrettante vicende magnetiche, è ben da supporre che anche dentro le calamite esista una circolazione analoga a quella, che ci procuriamo artificialmente sugli istromenti elettro-magnetici. Ma qual' è precisamente la circolazione interna delle calamite? Questa è la questione più importante del magnetismo, e da cui deve prender le mosse chiunque miri all'idea di classificare i fenomeni relativi a tale ramo di scienza. Noi cercheremo di risolverla appena che avremo fissato, una volta per sempre, la direzione che le circolazioni magnetiche tengono dentro alle calamite.

2. A tal uopo supponiamo d'avere in N S (*Fig.* 3) un piccolo cilindro d' acciajo, calamitato, e rivolto col suo polo N (*nord*) verso il settentrione all' uso degli aghi ordinarii da bussola. Indi sulla superficie superiore di questo cilindro così disposto segniamo alcune freccie dirette dall' ovest all' est, e sulla superficie inferiore segniamone delle altre dirette dall' altra parte, vale a dire dall' est all' ovest, come indica lo spaccato *oe* che supponsi eseguito sul mezzo del cilindro N S. Egli è secondo la direzione di queste freccie che il fluido circola dentro al cilindro, siccome dimostra il confronto che si può fare ad ogni momento della calamita N S con una spirale voltiana *r z* (*Fig.* 2.) su cui la corrente elettrica marcia secondo una direzione, che si conosce, e che è quella della forza elettro-motrice; la qual forza spinge l' elettrico dal rame allo zinco, e fa che ognuna delle spire di *r z* sia percorsa appunto dalla parte contrassegnata dalle freccie quando il polo nord della spirale di confronto guarda il settentrione, come quello del cilindro calamitato S N (*Fig.* 3.)

3. Tutti i fenomeni magnetici sono legati al verso del giro *o e*: interessa quindi di non perder mai di vista una tale direzione. Il modo più spedito e sicuro perchè non isfugga dalla memoria, si è di riferirla alla rivoluzione diurna della terra. Descrivete infatti un cerchio O E al dissotto dello spaccato *o e* coll' intenzione che rappresenti un parallelo del nostro globo; e vedrete, che il giro diurno d'occidente in oriente di questo parallelo si fa per appunto secondo il verso della circolazione magnetica *o e*. Studieremo in seguito i motivi d' una tale corrispondenza; ma per ora dobbiamo limitarci a riconoscere in essa un fatto il quale col dirci, che dentro alle verghe magnetiche (na-

turalmente equilibrate) il fluido circola secondo la direzione del giro diurno, ci somministra un mezzo da non essere mai in forse sul verso da assegnarsi alle circolazioni de' sistemi calamitati.

4. Onde poi metterci sulla via d'acquistare idee egualmente precise intorno al modo, con cui queste circolazioni sono distribuite nell'interno delle calamite, comincieremo dal fissare il pensiero sulla più semplice di tutte le distribuzioni. Egli è evidente che questa avrebbe luogo dentro ad un cilindro qualunque, quando il fluido di questo cilindro circolasse tutto insieme d'intorno all'asse *n s* (*Fig.* 4.), senza cioè che vi fosse alcuna differenza dall'una all'altra estremità. In tal caso si riscontrerebbe sopra ciascuna sezione *oe* del cilindro lo stesso giro di fluido, e questo giro sarebbe rappresentato da altrettanti circoli concentrici percorsi tutti nel medesimo tempo dagli strati di fluido distribuiti intorno all'asse di rotazione.

5. Ma questa circolazione, benchè la più semplice, non è sicuramente quella, ch'esiste dentro il cilindro calamitato N S (*Fig.* 3); perchè questo cilindro ha i suoi poli situati un tantino al di dentro delle due estremità N, S; mentre quella circolazione così eguale in tutta la lunghezza del cilindro *n s* (*Fig.* 4) glieli porterebbe precisamente ai due estremi *n*, *s* come glieli porta nelle spirali elettriche di forma cilindrica (*Fig.*2). Il modo più facile d'assicurarsi di questa verità di fatto, già ben nota ai fisici, sta nel porre a galleggiare verticalmente sull'acqua un ago da cucire calamitato, onde osservare dove vada a fermarsi quando gli si presentano al di sopra, in posizione orizzontale, le due specie di calamite, l'ordinaria cioè e l'elettrica: sotto alla prima esso si ferma in *n' s'* (*Fig.*3) cioè a dire un

pochino al di dentro dell' estremità N, mentre sotto la spirale N′ S′ va a collocarsi precisamente sotto l' ultimo anello; in *s″ n″* (1).

6. Dopo d' esserci persuasi col fatto che la circolazione più semplice non è quella da stabilirsi nell' interno delle calamite, dee naturalmente cercarsi qual sia il genere di complicazione da introdurre colà dentro, per conseguire quel giro appunto, che risponda ai fenomeni. Se non per toccar subito il segno, almeno per avvicinarvisi molto, indipendentemente da qualunque ipotesi, rifletteremo che basta di far passare una scarica elettrica *o′ e′* (*Fig.* 6) al di sopra d' un ago da cucire *s n* in istato naturale per trovarlo subito dopo assai bene calamitato. Nello stato attuale delle nostre cognizioni, questo fatto non dice altro se non che prima del passaggio dell' elettricità l'ago non dava segno di magnetismo, perchè tranquillo era il fluido contenuto nelle sue viscere, e che se tali segni compariscono subito dopo, ciò nasce dalla scarica, la quale ha nel suo passaggio scosso quel fluido, e determinato in esso quel movimento di rotazione, da cui dipendono le proprietà magnetiche. Un tale risultato non contiene in se veruna singolarità: anzi è naturalissimo, come lo è la rotazione che una corda *c c′* (*Fig.* 7) imprime ad una caruccola R, all' atto in cui vi scorre al di sopra. Imperciocchè comunque si comunichi il movimento della corrente *o′e′* al fluido interno dell' ago, egli è certo che l' effetto meccanico di questa comunicazione è di far girare quel fluido entro il corpo che lo

(1) Si suppone in questa figura che il polo superiore dell' ago verticalmente galleggiante sia il polo *sud*: rovesciato che sia corre al di sotto di S, S′.

contiene. Ma quale sarà la legge con cui un tal giro si propagherà dal mezzo alle parti laterali dell'ago? Sinchè l'esperimento della scarica *o' e'* (*Fig.* 6) si fa sopra d'un ago da cucire, questo si trova dopo, come già si disse, assai bene calamitato dall'un capo all'altro; ma tosto che si replica l'esperimento sopra un ago molto più lungo, come sarebbe di sei in otto pollici, in allora l'effetto della scarica si limita alle parti centrali dell'ago, non sviluppandosi sull'estremità alcun magnetismo sensibile. Ora che conchiudere da questa gradazione, se non che i giri magnetici diminuiscono dal mezzo alle parti, mentre i giri delle spirali cilindriche si sostengono i medesimi dall'una all'altra estremità?

7. Nell'annunziare questa conghiettura son ben lontano dal presumere di proporre una novità: so che M. Ampère espose il primo una tale idea; ma so altresì, che per non averla forse dedotta dal fenomeno, che la suggerisce immediatamente, ne fece egli così poco caso che l'abbandonò affatto per appigliarsi a tutt'altro partito. Vedremo fra poco qual sia il sistema di circolazione da lui preferito ma per ora non conviene, nè distrarre la mente del lettore dall'idea che attribuisce alle calamite una circolazione che scema dal mezzo alle parti, nè proceder oltre senza aver sottoposta questa conghiettura all'esperimento, il solo che valga a spandere non equivoca luce sul soggetto della presente ricerca.

Prendansi due piccoli fusi di legno N S, N' S' (*Fig.* 8) egualmente lunghi ma diversamente gonfj. Si vestano del solito filo ricoperto di seta che s'impiega nelle esperienze elettro-magnetiche, e poi si mettano le due spirali fusiformi nel circuito voltiano per vedere in che differiscano dalle cilindriche. Si troverà che l'ago verticalmente galleg-

giante, di cui abbiamo parlato di sopra, non va come nelle spirali cilindriche, a stabilirsi precisamente al di sotto delle ultime spire, ma che invece si ferma sotto ai punti *n*, *s*; *n'*, *s'* un poco al di dentro come gli accade al di sotto del cilindro calamitato N S (*Fig.* 5). E posta ogni altra cosa pari, questo luogo di fermata è tale, che tanto più si scosta dalle estremità, quanto più rapida è la diminuzione degli anelli elettrici dal mezzo alle parti. Egli è per osservare questa legge d' avvanzamento de' poli verso il centro, che conviene eseguire l' esperimento sopra due fusi S N, S' N' di differente grossezza (*Fig.* 8).

8. Dopo questo, non mi pare che sia più permesso al fisico di vedere entró le calamite altra circolazione fuor di quella che viene suggerita dalle spirali fusiformi. Supponiamo, per fissare anche meglio le idee a questo riguardo, d'avere in NS, N' S' (*Fig.* 9) due cilindri calamitati egualmente lunghi, ma l' uno più grosso dell' altro come i due fusi della Fig. 8. I fisici già sanno che i poli *n*, *s*, del cilindro più sottile sono più vicini all' estremità N, S, che nol sono quelli del cilindro più grosso N' S': onde l'analogia colle spirali fusiformi non può da questo lato essere più perfetta. Ciò nullameno non inscriveremo nei due cilindri NS, N'S' i due fusi N*o*S*e*, N'*o'* S'*e'* coll'idea di limitare entro questi due fusi la circolazione esistente nelle viscere di que' cilindri: ve li inscriveremo unicamente per ajutare l'immaginazione, e per dire, che la vera circolazione magnetica diminuisce con tal legge dal mezzo alle parti, che può essere fedelmente rappresentata da un giro fusiforme che abbracci tutto l' equatore de' cilindri calamitati e si perda a poco a poco andando verso le due estremità.

9. Sin qui le deduzioni non dicono nulla di più di quel che dicano i fatti: non possono quindi trarre in inganno, nè scemare di valore a fronte delle nuove idee di M. Ampère, il quale invece di persistere nel primo disegno di considerare il fluido interno del corpo calamitato come formante un solo unico sistema, che circoli in massa d' intorno all' asse delle calamite, ha pensato meglio di suddividere quella circolazione generale in guisa, che tocchi a ciascuna delle molecole del corpo calamitato un piccolo giro di fluido fatto d' intorno a tutte allo stesso modo vale a dire dalla stessa parte e con eguale velocità. Non occorre qui accennare le ragioni sistematiche che hanno indotto M. Ampère ad adottare questo sistema di circolazione (1) che chiamerò d'ora innanzi *molecolare*; ma importa bene di far riflettere che un tale sistema non regge al confronto della circolazione a giri concentrici (*Fig.* 4); la quale oltre d' essere suggerita dai fatti, e sostenuta dall'esperienza è anche garantita da quelle obbiezioni che rendono inverisimile la circolazione molecolare. Ecco le difficoltà che possono essere registrate in questo luogo. Le altre si andranno esponendo a misura che si presenterà l' occasione.

10. S' immagini primieramente una corona di piccoli cerchi *a*,*a*,*a* . . . (*Fig.* 10) e poi si supponga che ciascuno di quei piccoli cerchi rappresenti il giro che M. Ampère suppone eseguirsi

(1) Una di queste ragioni, forse la principale, si è di render conto del luogo in cui cadono i poli delle calamite senza ricorrere all' idea d' una diminuzione nella forza de' giri magnetici dal centro alle parti. (Bibl. Univ. Tom. XX. pag. 189 et seg.). Parleremo di ciò a suo luogo (Questione VI. Nota al n.° 99).

d' intorno a ciascheduna delle particelle esistenti sul contorno d' una sezione qualunque OE d' un cilindro calamitato. Già questi giri si fanno tutti dalla medesima parte e sono bastevolmente indicati dalle freccie scolpite entro alcuni di que' cerchi *a*, *a* . . . Fissato in mente questo primo ordine di giri circolari s' immagini una molecola *b* del secondo strato, e si vedrà chiaramente che tutti i giri della sezione O E tendono a distruggersi reciprocamente; sicchè ad impedire l' effetto d' una tale tendenza si rende indispensabile il partito di supporre que' giri indipendenti l' uno dall' altro. Ora per riconoscere il valore di una tale supposizione si prenda una cinquantina d' aghi da cucire de' più sottili, per esempio del n.° 12. Se ne faccia un mazzolino colle punte rivolte dalla stessa parte, e coll' idea di calamitare quegli aghi tutti ad una volta sul polo d' una calamita: eseguita questa operazione, e riconosciuto, se si crede necessario, che gli aghi sono calamitati tutti nell' istesso senso, si leghi ben bene il mazzolino, onde gli aghi rimangano di forza al più deciso contatto. Si lasci passare un' ora o due; e poi si sleghi il mazzolino per osservare il magnetismo de' singoli aghi. Se ne troverà un buon numero che avrà acquistato il magnetismo inverso, che avrà cioè dentro di se un giro contrario a quello che gli fu comunicato da principio. Si replichi l' esperimento sopra un altro mazzo di aghi; ma invece d' aprirlo dopo un' ora o due si apra più presto, dopo, ex. gr., venti o trenta minuti. Si troverà il magnetismo, se non rovesciato in un certo numero d' aghi, almeno che stava per rovesciarsi, poichè si riscontrerà in essi lo stato naturale. Il fatto non pare che abbia bisogno di comenti: dice che gli aghi del mazzo non riescono, come è ben naturale, cala-

mitati tutti allo stesso grado; ma che se quel giro che li calamita, riuscisse in tutti egualmente energico, invece che i giri più forti estinguessero i più deboli, e poscia li rovesciassero, accadrebbe la totale loro distruzione. È questo il caso preciso de' giri molecolari di M. Ampère, i quali per conseguenza non saprebbero durare un solo momento in quello stato, in cui si concepiscono.

11. Abbiasi in secondo luogo in NS (*Fig.* 11) una lastrina di ferro sottile al segno di tagliarsi facilmente con una forbice. Si calamiti quel pezzo quanto meglio si può, e poi si esplori la forza del suo magnetismo per confrontarla con quella che gli rimane diviso che sia in due parti O. E col mezzo d'un taglio eseguito nel senso dell' asse magnetico NS. Il fatto dimostra che gliene resta ben poco in confronto di quella che possedeva dapprima. Ora come concepire una perdita di tanto momento nel sistema de' giri molecolari, così poco sconcertato da un'operazione che colpisce un numero così scarso di que' giri? Il fatto invece non può essere di più naturale nel caso della circolazione in massa, la quale si risente tutta d'una divisione che ne disperde la più gran parte appunto come accade ad uno strato di mercurio che si divida con una tramezza dopo d' averlo messo in rotazione al dissopra d' un piatto qualunque. Il mercurio continua a girare nei due compartimenti; ma con qual velocità? Ben piccola in confronto di quella con cui girava prima d' essere separato in due parti.

12. In terzo luogo è da riflettere che le osservazioni più dirette contrastano ai giri molecolari di M. Ampère quel grado di forza che dovrebbe loro accordarsi nel caso in cui potessero sussistere ed alterarsi a seconda delle circostanze.

Prendiamo due spirali piatte (*Fig.* 12) eguali nel numero, e nella grandezza delle spire, ma differenti in ciò, che l'una, la *rz*, sia formata al solito con un filo semplice R Z, e la seconda *r'c'z'* formata invece con un filo raddoppiato R' C' Z'. Questa differenza di costruzione fa sì che quando le due spirali entrano nel circuito voltiano, le spire della prima sono dalla corrente elettrica percorse tutte quante per lo stesso verso, mentre su quelle della seconda la direzione del giro cangia da una spira all'altra. Nella prima spirale, ove i giri si fanno tutti per lo stesso verso (conformemente al sistema della circolazione in massa rappresentato nello spaccato *o e* della Fig. 4.) si sviluppa in ogni caso un ben deciso magnetismo: insensibile invece si è quello, che somministra la seconda spirale *r'c'z'* (*Fig.* 12), in cui il giro di una spira è contrario al giro della spira successiva come accade nel sistema della circolazione molecolare, ove il giro che si fa nella parte inferiore d'uno strato qualunque di molecole è contrario al giro che si fa nella parte superiore delle molecole dello strato successivo (vedi le molecole *a, b* della Fig. 10). Ma per avvicinarsi di più al caso di cui si tratta trasformiamo un filo raddoppiato RCZ (*Fig.* 13) in una serie di altrettanti anelletti *m, m, m,* . . . legando insieme con un po' di seta i due fili CR, CZ nei punti equidistanti *a, b, c,* . . . e facendo passare fra una legatura e l'altra un piccolo tubo di vetro. Avvolgiamo in seguito sul piano di un cartone questa fila d'anelletti, e formiamone la specie di maglia XY (*Fig.* 14); sulla quale, posta che sia nel circuito voltiano, si ottiene una circolazione molto analoga alla molecolare d'Ampère. Confrontando poi il potere magnetico della maglia XY con quello dei giri consecutivi d'una spirale ordinaria *rz*,

si trova, che il primo è debolissimo a paragone del secondo, e tale in ogni caso, che va calando a misura che si fanno più piccoli gli anelli della maglia. Sicchè quando questi anelli fossero di dimensioni impercettibili come sono i molecolari d'Ampère, non è punto da dubitare che mancasse in essi ogni segno di magnetismo. E questa conseguenza non è solo autorizzata dall'osservare che scema sugli anelli *m*, *m*, . . . il potere magnetico a misura che s' impiccoliscono; ma lo è anche dal vedere svanire pressochè del tutto i segni magnetici sulla spirale dal filo raddoppiato *r'c'z'* (*Fig.* 12) ove i giri contrarii sono pure separati da un intervallo percettibile, qual si è quello occupato dalla seta che copre il filo conduttore.

13. Chiuderemo in fine quest' analisi col far osservare che l' influenza magnetica d' una serie di giri concentrici *o e* (*Fig.* 4) è sicuramente tale da produrre sull' asse di rotazione que' centri d' azione, che chiamiam *poli:* siccome dimostra ben chiaro la decisa tendenza che hanno gli aghi magnetici verso il centro delle spirali ordinarie *zr* (*Fig.* 12, 14); e come prova il crescere di quella tendenza col crescere i giri delle spirali medesime. Ora nulla di tutto questo mi è accaduto di osservare sulla maglia elettrica X Y (*Fig.* 14). Ho trovato costantemente che ognuno degli anelletti *m*, *m*, . . . conserva vicino agli altri quel debole magnetismo che possiede isolato: l' anello del centro non gode sugli altri verun privilegio; e sono tutti così lontani dal concentrare in un punto solo le loro forze, che gli aghi magnetici presentati alla maglia X Y si dirigono indifferentemente agli anelli del centro, come ai laterali. L' analogia dunque porta a conchiudere che come questa concentrazione di forze manca nella maglia elettrica X Y, così manche-

rebbe nelle calamite, se la loro virtù dipendesse dalla circolazione molecolare d'Ampère. Ma come, si chiederà, la circolazione *in massa* riesce dessa a polarizzare le calamite e non la *suddivisa?* Questa è una questione da agitarsi altrove: qui dobbiamo contentarci d'avere in più modi interrogato l'esperienza, e conseguite tali risposte da non rimanere in dubbio sulla specie di circolazione che conviene d'ammettere dentro i corpi calamitati.

II. QUESTIONE

Sul modo, con cui si diffonde il magnetismo intorno alle calamite.

14. La disposizione che la limatura di ferro prende d'intorno alle calamite, non costituisce essa quel fatto che spiega meglio d'ogni altro il modo con cui la virtù magnetica si propaga al di fuori de' corpi che la posseggono? Credo che sì: si studii dunque una tale simmetrica distribuzione, ma si studii a poco a poco per tenere il più che si può distinte le molte particolarità, che in se contiene un così interessante fenomeno. Per cominciare dalle vicende più semplici si fissi lo sguardo sulle Figure 15 e 16.

15. N S (*Fig.* 15) è un cilindro calamitato, che si suppone, per solo motivo di semplicità, in posizione orizzontale, e rivolto col polo nord verso il settentrione.

N′ S′ è la traccia d'un piano verticale che passa per l'asse del cilindro calamitato e lo divide in due parti eguali; l'una *occidentale*, la S *o o* N; l'altra *orientale*, la S *e e* N.

O′ E′ è la traccia d'un altro piano verticale ad angolo retto col primo, e che passa per l'e-

quatore OE del cilindro. Anch'esso divide il cilindro in due parti eguali; l'una *boreale* la ONE, e l'altra *australe*, la OSE. Queste parti si chiamano ordinariamente *braccia*.

QP è un piccolo cilindro di ferro non calamitato destinato à scorrere perpendicolarmente sul contorno ONESO con una delle sue basi P, affine di esplorare sull' altra Q la specie e forza del magnetismo, che si sviluppa dal cilindro NS nelle diverse sue parti.

16. La Figura 16 rappresenta questa esplorazione dalla quale si raccoglie quanto segue;

1.° Che l' asta QP si calamita in tutti i punti del contorno ONESO, tranne le due posizioni equatoriali OO', EE' dove si conserva nel suo stato naturale.

2.° Che il magnetismo, trasfuso dalla calamita NS sull' asta QP è boreale sul braccio boreale ONE, australe sul braccio australe OSE; cosicchè nell' estremità n', n'', n''' . . . si riscontrano altrettanti poli *nord*, come sulle estremità s', s'', s''' . . . si riscontrano altrettanti poli *sud*. Siffatte polarizzazioni meritano un nome, con cui indicarle brevemente: non saprei proporne un più adattato di quello di *polarizzazioni di consenso;*

3.° Che queste *polarità di consenso* crescono di vigore dall' equatore OE alle estremità N, S; come crescono a un dipresso le porzioni d' asta $o'\,\gamma'$, $o''\,\gamma''$, $o'''\,\gamma'''$ . . . . $o'\,\varsigma'$, $o''\,\varsigma''$, $o'''\,\varsigma'''$ . . . . comprese dentro i rami curvilinei $O\,\gamma'\,\gamma''\,\gamma'''\,\gamma''\,\gamma'\,E$, $O\,\varsigma'\,\varsigma''\,\varsigma'''\,\varsigma''\,\varsigma'\,E$. I quali rami cominciano tutti e due ai punti equatoriali O, E (dove il magnetismo di consenso è nullo) e vanno lungo le braccia ONE, OSE dilatandosi con eguale simmetria, e per modo da prendere d' intorno ai poli n, s un andamento pressochè circolare.

17. Questa legge così rappresentata (lo dicono già le frasi con cui è espressa) non va presa sicuramente a tutto rigore; ma nemmeno dee riputarsi incapace di rendere utili servigi; perchè dedotta da osservazioni, che possono ingannare di poco, come sono quelle, che ognuno può fare considerando la quantità di limatura che l'estremità Q dello scandaglio PQ è in grado di sopportare nelle diverse sue posizioni d' intorno al circuito ONESO. I fiocchi infatti di limatura, che l' asta sostiene girando intorno alle due estremità *o''Ne''*, *o''Se''* sono sensibilmente i medesimi: la loro diminuzione non comincia, che al di dentro di *o''e''*, *o''e''*, passato il luogo preciso dei poli *n*, *s*. A misura poi, che si procede collo scandaglio verso il mezzo OE i fiocchi divengono sempre più scarsi sinchè spariscono del tutto sul cerchio equatoriale OE, dove il magnetismo di consenso, come si è già notato, si riduce a zero.

18. Sin qui nulla, che meriti il nome di nuovo, a riserva forse del metodo che presenta i fatti con quell' ordine, con cui vanno registrati nella nostra mente dopo le cognizioni acquistate nello sviluppo della prima questione. Ed in realtà per cominciare da ciò che spetta alla zona equatoriale OE, s' immagini in P (*Fig.* 17) la base con cui l'asta QP s' appoggia a questa zona OE, e si vedrà che se l' asta QP non si calamita in tale posizione, ciò nasce dall' avere la propria base P al di sopra di un filone di circolazione magnetica *ooee* così eguale da *oe* in *oe* che non può promovere nel fluido di P quel movimento di rotazione da cui dipendono le proprietà magnetiche. Perchè nasca entro P la rotazione di cui si parla, è patentemente necessario che la corrente al di sotto di P sia più forte da una

parte che dall'altra, condizione appunto, che mentre manca sull' equatore O E, si verifica lungo le due braccia O N E, O S E per la ragione che la circolazione magnetica diminuisce dall' equatore ai poli. Nulla dunque di più conforme ai principj ordinarj di meccanica, che il vedere la base P, passata in P' verso la parte boreale N, ricevere parte di quel magnetismo che spetta a questo braccio boreale O N E, perchè il filone, con cui comunica il fluido della base P', essendo più forte dalla parte *o' e'* che dalla parte *o'' e''* fa che quel fluido giri dal lato *abcd*, vale a dire da quella stessa banda che circola il fluido entro un ago magnetico che fosse col suo polo *sud* conficcato in P'. Egualmente quando la base P passa in P'', verso l' estremità australe S, si propaga per essa il magnetismo australe, siccome indica il giro *a' b' c' d'* contrario ad *abcd* ed eguale a quello che spetta ad un ago magnetico che fosse piantato in P'' col suo polo *nord*.

19. Non per altro motivo adunque le due braccia del cilindro calamitato N S propagano all' intorno un magnetismo contrario che perchè contraria è la direzione de' giri *abcd*, *a' b' c' d'* ch' esse promovono sul pezzo di ferro che le tocca; nè contraria è tale direzione, che perchè le correnti più gagliarde *o' e'*, *o' e'* a cui si debbono i giri di consenso *a b c d*, *a' b' c' d'*, cadono, rispetto alle più deboli *o'' e''*, *o'' e''*, dal lato dell' equatore O E.

20. La semplicità e naturalezza di questa spiegazione mi sembra tale da soddisfare l' animo il più difficile. Pure affinchè la persuasione che trascinano seco le conseguenze necessarie de' fatti, vada del pari con quella che deriva immediatamente dai sensi, non tralascierò di riferire un esempio, ove l' occhio ha campo di seguire la generazione di giri analoghi del tutto a quelli

che nascono sulle due braccia del cilindro calamitato NS.

21. Il doppio cerchio O X E (*Fig.* 18) rappresenta la bocca d' un vaso qualunque, p. e., d' un bicchiere piuttosto grande, pieno d' acqua sino a mezzo pollice circa dall' orlo;

oxey è un anelletto di una sostanza qualsivoglia, p. e., di cera immerso per metà nell' acqua del bicchiere e mantenuto in quel luogo con un arco che si fissa come più piace all' orlo della tazza o altrove.

L' uso di questo semplicissimo apparecchio consiste in questo: con una spatoletta si raggira l' acqua del bicchiere per modo che tutta la massa liquida acquisti un movimento di rotazione ben deciso intorno all' asse del vaso. Indi si ritira la spatola, e si osserva ciò che accade dentro e fuori dell' anelletto *oxey*. L' occhio segue benissimo questi accidenti, e vede che mentre la massa d' acqua gira da dritta a sinistra come indicano i due ordini di freccie AB.., A'B'C'D' l'acqua rinchiusa dentro l'anello compie anch'essa là dentro un consimile giro *abcd*. Per accorgersi di questi movimenti non occorre, come dico, che guardar l'acqua del bicchiere; pure per distinguerli anche meglio e seguirli sino agli ultimi periodi della loro esistenza, giova spargere sulla superficie dell' acqua un po' di polvere di colore piuttosto scuro, p. e., della caligine.

22. Bisogna ben guardarsi dal supporre accidentale il giro *abcd* che si determina dentro l' anello *oxey*: esso si forma ogniqualvolta gira l' acqua nel vaso, e sempre vi si forma colla direzione assegnatagli nella figura: direzione, come si vede, che combina con quella del giro impresso a tutta l' acqua del bicchiere. La *Fig.* 18 suppone che l' acqua ruoti da dritta a sinistra:

che la si faccia ruotare per contrario da sinistra a dritta, ed allora si rovescia anche il giro dell'acqua nell'anello, siccome denota la *Fig.* 19 destinata a rappresentare questi accidenti, inversi di quelli della *Fig.* 18.

23. La ragione di tutto questo è semplicissima, perchè identica affatto a quella che abbiamo esposta relativamente ai giri di consenso *a b c d*, *a' b' c' d'* (*Fig.* 17). L'anello *o x e y* (*Fig.* 18, 19) è un ostacolo che rompe il giro generale dell'acqua, e lo rompe non solo alla superficie ma un pochino ancora al disotto. Poco infatti che si scandagli al disotto dell'anelletto si trova l'acqua che va per la via del giro generale, come se mancasse il piccolo ostacolo, che le sovrasta. Il metodo migliore di fare questi scandagli si è di sporcare il liquido con un po' di polvere colorata la quale girando insiem coll' acqua svela sin dove s' estende l' influenza della causa perturbatrice. Ma lontano o vicino che sia alla superficie lo strato d' acqua ove si perde una tale influenza, certo è, che perchè la colonna d' acqua (che si solleva da esso e va ad imboccare l'anello) possa concepire alla sua cima il giro *a b c d* od *a' b' c' d'*, bisogna indispensabilmente che la sua parte inferiore peschi in una corrente che vada più forte al di fuori in *x' x* che al di dentro in *y' y*. Ora questo è ciò che precisamente si riscontra nelle correnti circolari che passano al di sotto dell' anello, le quali sono composte di filoni che marciano tanto più forte, quanto più sono distanti dai centri di rotazione N, S.

24. Crederei dunque di non aver a torto annunciato, che il principio di meccanica, da cui nascono i giri visibili *abcd*, *a'b'c'd'* (*Fig.* 18, 19) è lo stesso che determina gl' invisibili *abcd*, *a' b' c' d'* della Fig. 17. Ciò che vi ha di differente

nel confronto delle due circolazioni, *magnetica* ed *idraulica*, si è che il vaso magnetico NS (*Fig.* 17) produce i giri di consenso sui lati longitudinali o'' o'', e'' e'' come sulle basi circolari N, S; mentre il vaso d' acqua (*Fig.* 18 e 19) non somministra tali giri che alla superficie OXE. Ma questa differenza non tiene al principio di cui si parla: se valesse, come non vale, la pena di spinger più oltre l' analogia non sarebbe, io penso, molto difficile di costruire un apparecchio idraulico che fornisse i giri di consenso anche dal lato corrispondente alla lunghezza del cilindro calamitato. E tanto meno importa complicare l' esempio del vaso OXE, che così semplice com' è, basta pei diversi usi a cui lo destiniamo in appresso.

25. Spiegato il meccanismo col quale ciascuno dei due bracci, boreale ed australe, del cilindro calamitato trasfonde all' intorno la specie di magnetismo che gli appartiene, dobbiamo alcun poco fermarci sulla legge simmetrica colla quale quella trasfusione cresce dall' equatore ai poli. Una tal legge, rappresentata all' occhio col mezzo della curva $O\, o'\, o''\, o'''$ . . . . (*Fig.* 16) fu annunciata come conseguenza delle osservazioni fatte sulla quantità di limatura che lo scandaglio P Q (*Fig.* 15) sostiene nelle diverse sue posizioni d' intorno al fusto calamitato NS. Senza dubbio l' uso dell' asta PQ fornisce un metodo atto a determinare l' andamento della legge in discorso; ma si può, volendo, risparmiare del tutto la cura di operare a quel modo, perchè la natura offre tutt' a un tratto, in un solo de' suoi fatti, quanto si scopre a poco a poco coll' operazione dello scandaglio. Tuffate il cilindro NS in una massa di limatura di ferro, e voi lo trarrete circondato tutt' all' intorno di siffatta polvere, disposta a raggi tanto più certi e rari, quanto più sono vicini all' equatore OE,

siccome è ben noto ai fisici, e come indica per sollievo dell' immaginazione la Fig. 20. Ecco nella lunghezza ed ispessimento di que' raggi scolpita la legge, colla quale il magnetismo di consenso cresce dalla zona equatoriàle alle due polari, perchè ognuno di que' raggi si calamita dal luogo dov' è piantato appunto come fa lo scandaglio P Q applicato a quello stesso luogo. Egli è vero che l' *irraggiamento magnetico* (chiameremo così d' ora innanzi la limatura disposta secondo l' ordine della Fig. 20) possiede nell' inclinazione dei proprj raggi una circostanza che manca alle vicende rappresentate sulla Fig. 16; ma una tale circostanza non costituisce, come vedremo fra poco, un accidente che esiga particolari considerazioni. La troveremo dipèndente da quella stessa legge, rispetto alla quale abbiamo le due seguenti cognizioni positive: la prima che sul cerchio equatoriale O E il magnetismo di consenso è nullo per l' eguaglianza delle correnti *o e, o e* (*Fig.* 17): la seconda che un tale magnetismo comincia a riuscire sensibile dall' equatore in poi, per la diseguaglianza delle correnti *o' e', o'' e''* . . . .

26. Quest' ultima verità è patentemente legata alla specie di circolazione che esiste nell' interno del cilndro calamitato NS. Infatti se la circolazione magnetica, invece d' appartenere alla classe delle fusiformi, di quelle cioè che scemano dal mezzo alle parti, fosse tutta eguale dall' una all' altra base, le correnti *oe, o'e', o''e''* . . . circolanti sul dorso della calamita riuscirebbero tutte egualmente veloci; il che vale quanto a dire incapaci di generare verun giro di consenso *abcd*. La facoltà di generare siffatti giri, sarebbe in quel cilindro così calamitato, circoscritta alle sue basi circolari, ove nascerebbero que' giri di consenso che veggiamo formarsi entro l' anello *oxey* delle Fig. 18, 19.

27. Ecco dunque in che realmente differisca il potere magnetico d' una circolazione cilindrica da quello d' una fusiforme: la cilindrica non può generare il magnetismo di consenso che sulle basi circolari; mentre la fusiforme vale a produrlo dappertutto, riservata la pancia del fuso, la quale si trova alla medesima condizione di qualunque zona della circolazione cilindrica. Bisogna sempre ricordarsi (si perdoni l' insistenza all' importanza e novità del soggetto) che il magnetismo di consenso non nasce che là dove nasce un giro di consenso; e che un giro di consenso è determinato, non già dalla velocità di quel filone di circolazione magnetica che passa sotto il punto centrale del giro stesso, ma dalla differenza che esiste tra le velocità dei due filoni che scorrono sotto i lembi di quel giro, l' uno da una parte e l' altro dall' altra. E s' insiste su questo meccanismo perchè si vegga come il magnetismo di consenso possa crescere dall' equatore ai poli, sebbene proceda direttamente da una circolazione che segue l' andamento contrario, quello cioè di decrescere dalla zona equatoriale alle due polari. Viene diffatti questa specie di paradosso risoluta dall' osservare che ogni serie decrescente la quale abbia le sue differenze in una progressione crescente soddisfa al caso delle calamite. Supponete p. e. che la serie decrescente

100, 99, 97, 94, 90, 85, ...

esprima la legge colla quale una data circolazione magnetica diminuisce dall' equatore ai poli e voi avrete nelle differenze

1, 2, 3, 4, 5, ...

una seconda serie composta di termini crescenti al pari del magnetismo di consenso dovuto alla supposta circolazione.

28. Non saprei cosa aggiungere d' interessante al sin qui detto intorno alla legge in questione, senza impegnarmi in ricerche soggette al solo dominio del calcolo. Il fisico non può, col semplice ragionamento, andare più oltre; e il fisico si ferma al toccato limite, abbandonando il resto alle risorse dell' analisi. Sicuri per altro dell' importanza dell'irraggiamento magnetico procederem oltre nell' analisi che lo risguarda dicendo che fra i raggi ond' è composto, ve ne ha alcuni, che meritano una particolar distinzione. Sono gli *nn*, *ss* (*Fig.* 20) perpendicolari all' asse NS della calamita. Rispondono essi al luogo preciso dei poli *n*, *s*, di quei punti cioè, sotto cui si ferma l' ago *s' n'* della Figura 5; e si dice *luogo preciso* perchè si avrebbe torto di credere che gli altri raggi situati al di dentro e al di fuori dei perpendicolari *nn*, *ss*, concorressero ai punti privilegiati *n*, *s*. So dirsi comunemente che gli aghi magnetici *n' s'* (*Fig.* 5.) posti comunque in presenza d'una calamita si dirigono sempre con una delle loro punte ad una dei due poli di questa; ma tale discorso è così poco esatto che merita una rettificazione di qualche riguardo. I raggi infatti dell' irraggiamento magnetico sono, senza fallo, gli aghi più delicati e sensibili, che possa avere d' intorno una calamita; eppure fra que' raggi vi è tutta la serie dei più vicini all' equatore, come i *p' n'*, *p'' n''* . . . . (*Fig.* 20) i quali sebbene pieghino verso l' equatore, quanto più vi sono vicini, pure son ben lontani dall' esser così obbliqui come sarebbe necessario per concorrere in *n* (1) E tanto sensibile

(1) Se dopo aver rotto in varii pezzetti un ago finissimo da cucire, si attacchino que' frammenti al braccio d'un cilindro calamitato, si avrà occasione di osservare su di essi quella stessa obliquità che compete ai raggi formati di semplice limatura di ferro.

è questa differenza che l'occhio la giudica da se. Che se poi i raggi più interni $p'n'$, $p''n''$ . . . non cadono prolungati in n, non è da dubitare, *per legge di continuità*, che lo stesso non avvenga ai raggi che fan corona ai perpendicolari nn; quantunque il nostro occhio tenda a riferirli ad un solo centro, ingannato in ciò dalla pochissima distanza a cui, geometricamente parlando, deggiono cadere da quello.

29. Ecco dunque dopo quest' ultima dichiarazione che cosa si deve pensare dei poli n, s: si deggion prendere per quei due punti a cui rispondono i raggi perpendicolari nn, ss, e da cui così poco deviano i raggi *circompolari* che il fisico può senza errore sensibile ritenere che vi cadano dentro. Già coll' aggiunto *circompolari* si comprende qual sia la nomenclatura che abbiamo in mente rapporto ai raggi dell' irraggiamento magnetico: intendiamo di chiamar *polari* i soli raggi perpendicolari nn, ss; *circompolari* poi tutti gli altri che circondano i polari, e fanno con questi un solo gruppo; gruppo che si dissipa presto dal lato dell' equatore, ed in cui non vanno compresi i raggi più interni $p'n'$, $p''n''$, . . . per la ragione che questi tagliano l' asse in punti sensibilmente distanti da n, s. Niuno di questi raggi cade sul luogo preciso dell'equatore; anzi non è che ad una certa distanza, che cominciano a formarsi distintamente; ad onta di ciò li chiameremo *equatoriali* sicuri che una tal voce applicata ad essi non sarà per generare verun equivoco nel discorso.

30. Passando adesso a rintracciare la causa, che assegna ai raggi dell'irraggiamento magnetico quell' inclinazione che si vede nella figura, si dee prima d' ogni altra cosa ricordare la scoperta d'Ampère relativa all' influenza che esercitano fra di loro le correnti elettriche = *Queste correnti si*

attraggono quando marciano per lo stesso verso: si respingono quando marciano per contrario = Studieremo in una questione a parte il modo di conciliare queste due nuove leggi coll' *antico canone delle attrazioni, e ripulsioni elettriche*: parimenti in una questione a parte ci occuperemo delle poche e deboli obbiezioni che possonsi ancora promuovere contro l' assoluta identità del fluido elettrico col fluido magnetico, ma per ora lasciati da un canto questi due argomenti non ci cureremo d' altro, che d' applicare le citate due leggi al caso dell' irraggiamento magnetico, ove per appunto si tratta di correnti che vanno alcune per lo stesso verso, ed altre da contraria parte. Osservate p. e. il giro di consenso *abcd* (*Fig.* 17) e supponete che sia quello che esiste sulla base del primo raggio equatoriale *p'n'* (*Fig.* 20) raggio trasportato, per comodo di tutti, in *p'n'* (*Fig.* 17) colle dimensioni, che convengono a quella figura. Voi vedrete che mentre la corrente *o'e'* va dalla stessa parte di *ab*, l' altra *o''e''* è contraria a *cd*. Son dunque, secondo il canone d' Ampère, le *o'e'*, *ab* nel caso dell' attrazione, e la *o''e''*, *cd* nel caso della ripulsione. Ma la prima tendenza determinata dalla corrente più forte *o'e'* prevale naturalmente alla seconda tendenza, determinata dalla corrente più debole *o''e''*. Dunque rimarrà, come rimane diffatti, il raggio *p'n'* attaccato al dorso della calamita; ma questa congiunzione non potendo aver luogo, che sul lembo β dove il giro di consenso *abcd* va di conserva colla corrente *o'e'*, resta l' altro lembo γ necessariamente sollevato in alto dalla forza di ripulsione, che esiste fra le due correnti contrarie *o''e''*, *cd*. Niuna meraviglia dunque se il raggio *p'n'* piega dal lato dell' equatore, poichè la sua base $\beta\gamma$ per la forza ripulsiva che regna al di sotto di γ, è costretta ad

alzarsi, stando ferma in β a guisa di una valvola o d' un coperchio a cerniera.

31. Nè men chiaro è il motivo per cui i raggi $p'n'$, $p''n''$, (*Fig.* 20) si raddrizzano a misura che si allontanano dall' equatore. Diffatti la causa che fa piegare il primo raggio $p'n'$ (*Fig.* 17) sta nella ripulsione che agisce a modo di molla fra le correnti contrarie $o''e''$, cd: forza che produce un minor effetto sul raggio $p''n''$, perchè diretta contro una base $\beta'\gamma'$ in cui cresce il magnetismo di consenso: in cui cresce cioè la forza che tende a chiudere $\beta'\gamma'$ sul dorso del cilindro calamitato.

32. Visto come cominci il raddrizzamento, si salti, per abbreviare il discorso, al raggio NN' che serve di prolungamento all'asse della calamita, dal lato boreale N. Di tutti i raggi boreali questo è il solo che non abbia al di sotto veruna corrente contraria; il solo che essendo attratto in tutta la totalità della sua base abbia motivo di restar diritto sopra zz (*Fig.* 20). Gli altri raggi on, en che si appoggiano a zz, si piegano al di fuori di NN' come si vede dalla Fig. 20, e meglio dallo spaccato al di sopra di ZZ (*Fig.* 17); e piegano così perchè la corrente contraria a cui tocca di sollevare in alto le piccole basi $\beta\gamma$, $\beta'\gamma'$, è la $y'y$ (vedi anche la *Fig.* 18) più vicina all' asse della circolazione generale, che non è la $x'x$ destinata all'effetto contrario, ad impedire cioè che i piccoli giri si distacchino dal giro generale. Se dunque la legge da cui dipende l' inclinazione de' raggi dell' irraggiamento magnetico, è tale che essi si piegano marciando dall' estremità N (*Fig.* 20) allo spigolo z (1), e si raddrizzano venendo da p'

(1) Gli spigoli delle calamite si coprono di limatura assai più che non parrebbe convenire all' intervallo che li

verso questo stesso spigolo *z*, egli è evidente che non si passa dall'una all'altra serie di raggi senza passare per un raggio *nn* perpendicolare all' asse del cilindro N S. È questo, come già si è avvertito, un luogo privilegiato, quello cioè occupato dai raggi polari.

33. Tali erano le particolarità che avevamo a svolgere in questa seconda Questione consacrata alla legge colla quale le calamite propagano all' intorno il loro magnetismo. Questa legge ha nell' irraggiamento magnetico un fatto in cui è dipinta con una fedeltà, la quale ci ha, in questi ultimi tempi, colpito al segno di non risparmiar cura nell' analisi di una così originale pittura. E forse le diligenze e cautele usate in quest'occasione non rimarranno senza un proporzionato compenso se pervenuti alla fine di queste nostre ricerche sul Magnetismo, potremo, come ci lusinghiamo, conchiudere con questa importante verità, che basta cioè interrogare l' irraggiamento magnetico per prevedere le vicende che accadono in tutte le combinazioni fra calamite e calamite, fra calamite e ferro, e fra calamite e conduttori voltiani. Son noti i servigj che prestano all' Algebrista le sue formole generali: or bene; non è a parer nostro, diverso il partito che il fisico può trarre dall' irraggiamento magnetico.

---

separa dall' asse della circolazione generale. Questa particolarità da cui si è fatto astrazione in tutto il corso della presente questione sarà esaminata più innanzi (Questione VI).

III. QUESTIONE

Sull' azione reciproca delle calamite.

34. Dalle parole che chiudono la precedente Questione, è facile di prevedere qual condotta terremo in questa, consacrata agli accidenti che nascono fra calamite e calamite. Studieremo tal sorta di vicende sulle calamite, non già nude come si suole, ma vestite del loro irraggiamento magnetico, persuasi di riscontrare in questo metodo quelle risorse, che non sappiamo vedere in verun altro. Spieghiamoci.

Sinchè p. e. si hanno i poli eteronomi S, N′ (*Fig.* 21) di due cilindri calamitati SN, S′N′ in presenza l' uno dell' altro, e si veggono attrarre in guisa da congiungersi insieme, può a dirittura registrarsi un tale fenomeno sotto la legge amperiana = *le correnti che vanno per lo stesso verso s' attraggono* = Basta infatti guardar le freccie, che segnano le direzioni delle correnti circolari in ciascuna delle due calamite SN, S′N′ per vedere in quelle correnti, che vanno evidentemente dalla stessa parte, verificarsi la condizione imposta dalla suddetta legge. Egualmente quando col rovesciare l' una delle due calamite pongonsi in faccia i poli omonomi S, S′, oppure gli altri due N, N′ (*Fig.* 22), e si trova che le calamite si sfuggono reciprocamente, può questa fuga attribuirsi immediatamente all' altra legge = *le correnti che vanno da parti contrarie si respingono* = perchè in allora le correnti circolari delle due calamite marciano per contrario, appunto come esige la legge. Ma le calamite non si attraggono e respingono soltanto allora che si guardano più o meno direttamente: si ricercano e si sfuggono anche di fianco; e ciò che l' espe-

rienza insegna a questo riguardo si è che = *le braccia eteronome si attraggono in tutti i punti del loro contorno, come in tutti i punti del proprio circuito si respingono le omonome* = Questo canone, come si vede, abbraccia tutte le combinazioni; ma come concepirlo in tutta la sua estensione col semplice soccorso delle due leggi che si adattano così naturalmente al caso delle Fig. 21 e 22?

35. Supponiamo p. e., d'avere due calamite disposte in guisa, che il braccio australe O S E (*Fig.* 23) si trovi nel modo indicato dalla figura, a fianco del braccio boreale O′ N′ E′ della seconda. In questo caso le due braccia si attraggono e congiungono insieme: eppure osservando il corso della circolazione nelle due calamite S N, S′ N′ si vede che mentre le correnti circolari del primo cilindro S N discendono pel lato orientale E*e*, le altre di faccia appartenenti al secondo cilindro S′ N′ montano pel lato occidentale O′ *o*′; sicchè questo parrebbe piuttosto un caso di ripulsione che di attrazione.

36. Questa difficoltà, come ben sanno i fisici, fu una delle prime che ebbe a soffrire la dottrina d'Ampère, e che egli tentò di risolvere con quegli espedienti, che gli sembrarono i migliori nel sistema di circolazione molecolare da lui preferito. Dopo tutto ciò che abbiamo detto nella prima questione relativamente a quel sistema di circolazione, non farà meraviglia, se quì dispensandoci dal seguire le idee d'Ampère, passiamo senz'altro a presentare gli schiarimenti, che suggerisce l'irraggiamento magnetico indipendentemente da qualunque ipotesi, o conghiettura.

37. Si segni d'intorno alle calamite S N, S′ N′ (*Fig.* 24) quella porzione d'irraggiamento che

risponde ai lati E *e*, O′ *o*′ de' quali si studia la reciproca influenza. I raggi del lato E *e* terminano in *s* con altrettanti poli *sud;* quelli di O′*o*′ terminano in *n* con altrettanti poli *nord*. Son dunque que' raggi nel caso della *Fig*. 21, e bisogna bene che vadano gli uni contro degli altri, e si dispongano fra le calamite in altrettante file parallele, o pressochè tali siccome dimostra il fatto accennato nella *Fig*. 24. *bis*. Ora che dicono que' raggi col ricercarsi l'un l'altro? Dicono che sebbene le correnti circolari che passano sopra il lato E *e* sieno contrarie alle correnti che passano sopra il lato O′ *o*′, pure i giri di consenso che quelle prime correnti promovono all'intorno si fanno dalla stessa parte di quelli che spettano alle correnti di prospetto. Non si dee dunque all'oggetto di prevedere ciò che ha da nascere fra le due braccia eteronome O S E, O′ N′ E′ (*Fig*. 23) fermar l'occhio sulla contrarietà delle correnti che lambiscono i lati E *e*, O′ *o*′ ma pensare ai giri di consenso che nascono su questi lati, e che facendosi, nell'esempio contemplato, dalla stessa parte, rinnovano sopra di se l'accidente dell'attrazione voluto dalla prima legge amperiana.

38. Non va per altro dissimulato che in questo modo di concepire l'influenza reciproca delle due braccia O S E, O′ N′ E′ si suppone tacitamente che quei giri di consenso i quali si generano sul dorso delle calamite in grazia della limatura sparsavi sopra, si determinino egualmente quando manchi l'impolveramento. Ora ci si chiederà: siete voi ben sicuri che la soppressione di quei raggi non istrascini seco la distruzione de' giri di consenso, di quella causa cioè che risolve le braccia O S E, O′ N′ E′ ad avvicinarsi e congiungersi? Per dissipare questo sospetto, basterà, io

credo, riflettere che un pezzo qualunque di ferro, p. e. l'asta P Q (*Fig.* 15) si calamita non solo quando tocca la calamita N S, ma sibbene ancora quando ne è separata d'un certo intervallo. Non vi ha in ciò altra differenza che il magnetismo comunicato nel caso del contatto prevale in forza al magnetismo comunicato a distanza. È dunque ben certo che non si cangia, per la distanza, il modo con cui le calamite esercitano il proprio potere sui corpi magnetici. Ora che ne vien egli da questa verità di fatto se non che come il braccio E *e* tende ad infondere il suo magnetismo nel braccio O′ *o*′ così questo braccio O′ *o*′ tende ad infondere il proprio nel braccio E *e*? Ma in che consistono tali tendenze? Consistono nella facoltà di generare i giri di consenso della *fig.* 17. Il braccio E *e* si presta ai giri di consenso dovuti al braccio O′ *o*′, come questo braccio O′ *o*′ si adatta ai giri di consenso dovuti al braccio E *e*. Sì gli uni che gli altri si fanno dalla medesima parte, come indica la corrispondenza dei raggi magnetici *sss*, *n′n′n′*; e così le braccia E *e*, O′ *o*′ si attraggono nelle loro totalità come accade ai raggi *sss*, *n′n′n′* quando esistono effettivamente d'intorno alle due calamite. In una parola è sempre permesso di vestire una calamita del suo irraggiamento per dedurre da questo com'essa agisca al di fuori; e chi giustifica una tale licenza non è già un principio ipotetico, ma una prova di fatto qual si è quella che si ha dall'osservare che le calamitazioni a distanza non sono che il prolungamento di quelle che si effettuano nel contatto.

Del resto non è difficile da riconoscere qual sia, in generale, la condizione indispensabile alla generazione de' giri di consenso: è la presenza d'un ostacolo atto a rompere il corso delle cor-

renti o circolazioni generali. Supponete *ex. gr.* d' avere in *xy* (*Fig.* 25) un ostacolo a fior d' acqua, e che quest' acqua vi scorra al di sotto con velocità che scemino da *x' x* in *y' y*; e voi vedrete i filoni superficiali più veloci *x' x* ripiegarsi sopra i più lenti *y' y* e formare in S, dinanzi all' ostacolo, un giro *abcd* analogo a quello che vedemmo generarsi in mezzo all' anelletto *oxey* della Fig. 18. Ora non è in ultima analisi, diverso da questo il caso delle due calamite SN, S' N' (*Fig.* 23). Imperocchè qualunque sia il fluido cui piaccia d'addossare l' incarico di propagare il movimento dall'una all'altra calamita, certo è: 1.° che questo movimento si comunica; 2.° che mediante una tale comunicazione l' una circolazione partecipa al movimento dell' altra; 3.° infine che nulla osta a concepire questa partecipazione come l' effetto d' un fluido interposto obbligato a girare secondo ch' esige la legge di quei giri di consenso, che imboccano per così dire i raggi dell' irraggiamento magnetico e si rendono col mezzo di questa specie di ramificazione in tal qual modo visibili.

39. Sebbene il nostro discorso abbia sin ora versato sulla sola combinazione della Fig. 23, pure è così facile d' estenderlo a tutte le altre che si giudica superfluo ogni ulteriore schiarimento sul meccanismo generale delle attrazioni e ripulsioni magnetiche. Ogni difficoltà infatti è risoluta dall' irraggiamento magnetico: segnano que' raggi la via per cui si diffondono nello spazio i giri di consenso, e nel segnarla suggeriscono al fisico quale sia, in ogni caso, l' influenza o d' attrazione o di ripulsione delle due calamite: ha luogo la prima quando i raggi delle due calamite si ricercano, la seconda quando i raggi si sfuggono. Sogliono i trattatisti registrare queste vicende sotto il canone = *i poli eteronomi si attraggono; gli omo-*

nomi si respingono = Noi abbiamo di sopra (35) sostituito alla voce *poli* l'altra di *braccia*. Si rammenta questo cangiamento non già per giustificarlo, chè non occorre; ma perchè non isfugga all' occhio del leggitore una modificazione, non meno suggerita dall' esame de' fatti, che indipendente da qualunque idea sistematica.

40. Ad onta di tutto questo, l'argomento della reciproca influenza delle calamite non è esaurito: resta la parte più delicata da discutere, quella cioè degli accidenti che nascono in virtù di piccoli movimenti, che le calamite nell' appressarsi l' una all' altra imprimono agli assi delle rispettive loro circolazioni. Niuno, ch' io mi sappia, ha trattato sinora di questa specie di perturbazioni: tale circostanza esigerà forse dal canto dei fisici la cura di seguirmi colle calamite alla mano, onde riscontrare su di queste quegli accidenti, che per avventura non avessero essi ancora rimarcato.

41. NS, N' S' (*Fig.* 26) sono due cilindri calamitati disposti parallelamente l'uno all' altro, e in modo che i poli eteronomi si corrispondano esattamente, senza cioè sopravanzarsi l' un l' altro. In questa posizione le calamite si attraggono con ambe le loro braccia; e tale è l' effetto di questa attrazione sull' irraggiamento magnetico, che i raggi interni si drizzano vivamente gli uni contro degli altri, e s' attaccano insieme con una certa energia mentre gli esteriori si diradano, e cadono in gran parte del luogo dove erano attaccati. Serve a dare un' idea di questo risultato la parte inferiore della Fig. 26. *bis*, ove i cerchi S, N' rappresentano lo spaccato delle due calamite eseguito sulla linea dei poli *s*, *n'*, e dove i raggi che circondano le sezioni S, N', si presentano, conformemente al fatto, piegati e congiunti al di dentro e raccorciati al di fuori.

Ciò posto s' inscrivano ne' due cilindri S N, N'S' (*Fig.* 26) i due fusi OSEN, O'N'E'S', e sopposto, siccome è permesso, che il grosso della circolazione delle due calamite cada dentro di que' fusi, si vedrà facilmente, che cosa denoti il fatto or ora descritto: denota un avvicinamento negli assi delle due circolazioni fusiformi qual si vede rappresentato dalla Fig. 26. *bis*. Ed infatti dal momento che l' irraggiamento magnetico nell' appressarsi delle due calamite s' addensa internamente in *e*, *e'*, e diminuisce al di fuori in *o*, *o'* conviene ben dire, che le due circolazioni da cui sorgono que' raggi non occupino più gli spazj centrali S,N' (*Fig.* 26) d' onde esercitavano un' influenza eguale tutt' all' intorno ma siansi invece avvicinate ai lembi interni *e*,*e'* (*Fig.* 26 *bis*) dove producono un maggior effetto, ed allontanate dagli esteriori *o*,*o'* dove ne producono un minore. Ma quale, si dirà, è la causa d' un tale spostamento? La solita legge, per cui si attraggono le braccia eteronome delle due calamite S N, N' S'. Sono, col mezzo dei giri di consenso, le interne circolazioni di tali braccia nel caso dell' attrazione, e se vi sono, è ben naturale che abbiano ad avvicinarsi.

Rovesciando l' una delle due calamite della Figura 26, pongonsi in presenza le braccia omonome (*Fig.* 27). Accadono in tal caso le vicende inverse: vale a dire che si scostano gli assi delle circolazioni fusiformi, e nello scostarsi fanno che le due calamite si spoglino, dal lato interno, della maggior parte del loro irraggiamento.

42. Avviene di spesso che il fisico dopo avere attaccata per divertimento una chiave al lato d' una calamita, la vegga cadere, non senza sorpresa, all' atto in cui cerca d'attaccarne un' altra dal lato opposto. La prima chiave chiama un po-

chino a se l' asse della circolazione della calamita e si attacca alla superficie di questa con una forza proporzionata a quell' avvicinamento. La seconda chiave ritorna l' asse della circolazione al suo posto: di qui la circolazione magnetica agisce sulla prima chiave con meno vigore, che non faceva quando le era più vicino e la chiave cade in grazia di questa diminuzione.

43. Ma non meno di una tale caduta son curiosi gli accidenti che sto per dire relativamente al luogo dove vanno a fissarsi gli aghi verticalmente galleggianti, allorchè si pongono al di sotto di due calamite. Parrebbe, p. e., che nel caso della figura 26 dove gli assi delle circolazioni fusiformi si avvicinano, parrebbe, dico, che i poli *s*, *n'* avessero a passare in *s*, *n'* (*Fig.* 26 *bis*) con tutte le attribuzioni che appartengono ad essi come punti privilegiati. Pure ciò non è vero; perchè gli aghi galleggianti invece d' avvicinarsi in compagnia degli assi battono un cammino del tutto opposto; rinculano in *ρ s*, *s' ρ'*. Questo fatto, nol dissimulerò; mi sorprese non poco la prima volta che l' osservai: mi aspettava di vedere l' effetto contrario. Nè forse mi sarei così facilmente rimesso dalla meraviglia, se non avessi ritrovato nell' irraggiamento magnetico il mezzo di rinfrancarmi. Quando questo irraggiamento è regolare, come d' intorno alle sezioni S, N' (*Fig.* 26) il posto de' galleggianti è evidentemente in *ρ s*, *s' ρ'*, sul prolungamento cioè dei raggi verticali *m s*, *m' n'*. Ora questi raggi nell' appressarsi delle calamite, si piegano all' indentro in *m s*, *m' n'* (*Fig.* 26 *bis*), e tocca per conseguenza a due degli esteriori *o s*, *o' n'* di prendere la posizione verticale. Son questi raggi che servono di guida ai galleggianti *ρ s*, *s' ρ'* e non più i raggi di mezzo *m s*, *m' n'* che, piegati come sono, rinunciano ai nuovi due verticali

os, *o'n'* l' uffizio di attrarre direttamente gli aghi *ps*, *s'p'*.

Così nel caso della figura 27, dove le calamite si respingono, i raggi di mezzo *ms*, *m's'* si gettano all' infuori, e si fanno verticali due degli interni *es*, *o's'*. Esperimentando si trova in realtà, che egli è sotto ad *es*, *o's'* che si fermano i galleggianti *ps*, *p's'*.

44. Parimenti passando dalle posizioni di fianco a quelle in cui le calamite sono l' una dietro l' altra, si vede, che nel caso della presenza dei poli eteronomi S,N' (*Fig.* 28), la condizione del verticalismo passa dai raggi polari *ms*, *m'n'* agl' interni *os*, *o'n'*, ed inversamente ai due esterni *ps*, *p's'* (*Fig.* 29) nel caso della presenza dei poli omonomi S, S'. Notato che sia con precisione il luogo di que' raggi verticali, si è certi di vedere i galleggianti corrervi sotto e stabilirvisi.

45. Resa in siffatto modo giustizia alla fedeltà con cui l' irraggiamento magnetico serve nelle più delicate circostanze, passerò a chiudere la questione coll' avvertire che le vicende or ora descritte per le calamite si verificano egualmente nelle spirali elettriche. Io aveva, a dir vero, creduto in sulle prime che l' elettricità obbligata a scorrere sulla via metallica delle spire costituisse in ogni caso un sistema di circolazione *ad asse stabile*, tale cioè da non permettere que' piccoli movimenti, che nascono là dove gli assi delle circolazioni sono mobili. Aveva anzi per verificare questa idea preparato due piccole spirali fusiformi, e conseguito sopra di loro tali risultati che sembravano confermare il concepito sospetto. Ma condotto in seguito da motivi che si faranno palesi nella questione VII, a riconoscere nell' asse delle circolazioni elettriche quella stessa mobilità che spetta alle circolazioni magnetiche, ritornai

sulle prime esperienze e replicandole sopra spirali più grandi e più attive ebbi campo d'assicurarmi che non esisteva a questo riguardo alcuna differenza fra il magnetismo ordinario e l'elettrico. La più semplice di queste esperienze di confronto è quella della figura 28 ripetuta sopra una spirale cilindrica S N (*Fig.* 30) divisa in due tronchi N S, *n*S collo stirare una delle spire intermedie. Quel galleggiante infatti che si ferma in *s*, sotto il primo anello del tronco N S, posto che sia sotto l'azione dell'altro tronco *n*S si fissa in *s'* un poco al di dentro dell'estremità *n*.

IV. QUESTIONE

Sul conflitto elettro-magnetico.

46. Nello sviluppo della Questione precedente abbiamo avuto occasione di notare come basti, generalmente parlando, la presenza d'un ostacolo a determinare sulla superficie delle correnti o circolazioni generali que' *giri* che noi chiamiam di *consenso* per la corrispondenza che hanno colla direzione del movimento generale (38). Ora una corrente elettrica, la quale passi comunque d'appresso ad una calamita che cosa è mai rispetto alla circolazione di quest'ultima, se non se un ostacolo, che promove in essa i giri di consenso? E poichè questi giri si diffondono nello spazio per la via segnata dai raggi dell'irraggiamento magnetico, non è egli evidente, che per iscoprire ciò che dee nascere fra un conduttore voltiano, ed una calamita, basterà vestire la calamita del suo irraggiamento, e poi ricercare qual sia l'esito del conflitto fra la corrente elettrica e la porzione di que' raggi che essa traversa cammin facendo? L'analisi della questione precedente

dente giustifica forse abbastanza questo metodo; ciò nullameno invece d'affrontare il problema del conflitto elettro-magnetico in tutta la sua generalità, lo divideremo in più parti, cominciando dall'esame delle combinazioni più semplici, e via via passando alle più complicate. Non è sicuramente questo l'ordine, col quale la scienza si è arricchita de' fatti scoperti dopo la memorabile esperienza di Oersted; ma qui più che alla storia, volendosi por mente alla concatenazione de' fenomeni, è giusto che a questo si sacrifichi qualunque altro pensiero.

Fatto Fondamentale.

47. Pongasi un ago magnetico N S (*Fig.* 31) a galleggiare verticalmente sull'acqua col polo *nord*, p. e., in alto; e preso fra le mani un filo di metallo, appartenente al circuito voltiano, si disponga per modo che passi orizzontalmente al disopra del polo N. Giova per la semplicità delle concezioni supporre un tal filo perpendicolare al piano della carta, e segnar quindi in R la sua projezion verticale, ed in *rz* la sua projezione orizzontale, la quale passerà per mezzo al cerchietto *n* projezione del polo superiore N. Le freccie *ab*, *cd* d'intorno a questo piccolo cerchio segnano il giro che il fluido magnetico fa dentro l'ago N S. Ciò posto, il fenomeno che si osserva in tale circostanza, si è che l'ago N S si toglie dal disotto del conduttore voltiano e si ritira alla sinistra per la via *n o* se la corrente va da *r* in *z*, oppure alla diritta per la via *n e* se la corrente viene da *z* verso *r*. La ragione di questa specie di rinculo si presenta assai semplice a chi guarda il fenomeno sotto un aspetto puramente meccanico. Ed infatti che accadrebb'

egli ad una corrente rettilinea rr' (*Fig.* 31 *bis.*) la quale venisse per traversare un giro circolare *abcd*? Giunta in r' contro il ramo *bc* si associerebbe subito, se potesse, al ramo *cd* che va dalla medesima sua parte. Ma supposto che non potesse cangiar punto di direzione (come è il caso delle correnti voltiane) in allora essa cercherebbe di liberarsi dal frapposto ostacolo col gettarlo da una parte. Ma da qual parte? Osservate la corrente rr' che tende a circuire il giro *abcd* dal lato destro *cd*; e poi vedrete un tal giro ritirarsi alla sinistra quanto basta per non aver di comune, colla corrente rettilinea, altro che la direzione del suo ramo *cd*. Quest' ultima circostanza serve in ogni caso di norma per non equivocare sull' esito del conflitto; giacchè qualunque sia la direzione di due correnti, l'una circolare e l'altra rettilinea, l'effetto meccanico del loro incrocicchiamento si è di separarsi in modo da conservare, ne' rami di prospetto, la stessa direzione. Così quando la corrente va da *r* in *z* il giro *abcd* rincula in *o*, fiancheggiato sempre da una corrente che marcia secondo la direzione del ramo *cd*. Parimenti quando la corrente viene da *z* verso *r*, il giro *abcd* scappa in *e*, fiancheggiato da una corrente che marcia secondo la direzione del ramo circuito *ab*. È questo il *fatto* che io chiamo *fondamentale* per le ragioni che si vedranno in appresso. La sua interpretazione dipende da una sola concessione, l'esistenza d' un fluido qualunque il quale stabilisca una comunicazione fra i giri circolari del magnetismo e le correnti rettilinee dell'elettricità.

48. La spiegazione che questo fatto riceve da M. Ampère, differisce non poco da quella che abbiamo or ora esposta. Egli riduce, per semplicità, il giro circolare *abcd* in uno quadro $a'b'c'd'$

(*Fig.* 32), e poi dice: le correnti $c'd'$, $a'b'$, paralelle alla corrente elettrica rz vanno l'una pel verso di rz, l'altra per il verso contrario: la prima, cioè la $c'd'$, è nel caso dell'attrazione, la seconda, cioè la $a'b'$, è nel caso della ripulsione. Questa tende a scappare dal filo rz; quella ad avvicinarvisi: le due tendenze si esercitano dalla stessa banda, ed insieme unite imprimono all' ago quel movimento che lo trasporta alla sinistra di rz.

49. In quest'interpretazione si prescinde, a parer mio, dalla causa immediata del fenomeno, dall'azione cioè del ramo anteriore $b'c'$ sulla corrente elettrica rz; azione, che secondo Ampère si troverebbe distrutta dall' eguale e contraria esistente sul ramo posteriore $d'a'$. L' influenza *tutta meccanica*, che l'elettricità esercita in questa classe di fenomeni, mi sembra dimostrata all' ultima evidenza nel fatto delle scariche elettriche, le quali passando al di sopra d'un ago in istato naturale sviluppano in esso un ben deciso magnetismo, quelle proprietà cioè, che dipendono da un movimento di rotazione impresso nel fluido dell'ago stesso (6). E per verità non sarebbe egli strano pensiero quello di attribuire un tale movimento a tutt'altra cagione che non fosse la spinta che il fluido dell'ago riceve all'atto del passaggio dell'elettricità? Or basta, io credo, questa sola considerazione per non bilanciare sulla scelta delle due interpretazioni superiormente riferite. Nè col preferire la prima è da temere di porsi in contraddizione colle leggi elettro-dinamiche di Ampère; perchè queste leggi, come vedremo nella questione consacrata ad esse, non contengono in se nulla di discorde dai principj ordinarj di meccanica. Del rimanente molto non giova l' insistere sul motivo che fa fuggire il

polo N (*Fig.* 31) dal di sotto della corrente elettrica *r s*; imperocchè scappi quel polo per una ragione o per l'altra, certo è che fugge dall'indicata parte; certezza che basta a sostenerci nella carriera che siamo per percorrere al lume di quel fatto fondamentale, il quale non fa altro che ripetersi tutt'all'intorno delle calamite, in virtù del modo, con cui queste diffondono il proprio magnetismo. Ma per comprendere tutto lo spirito di questa proposizione generale, sarà forse necessario che il leggitore ci segua alcun poco in mezzo alla rivista che andiamo a passare alla brillante e numerosa raccolta de' fatti relativi al conflitto elettro-magnetico.

Conflitto Perpendicolare.

50. Per non trascurare veruna circostanza di questo conflitto, si prenda le mosse dalla disposizione della figura 31, e mantenendo il filo *r s* sempre parallelo a se medesimo si faccia girare tutt'all'intorno dell'ago N S, in modo cioè che passi per tutti i punti della traccia punteggiata RR'R''R''' *rr'r''r'''*R (*Fig.* 33). Le vicende che si osservano durante tutto il giro sono registrate nei numeri susseguenti, ove si suppon sempre che la corrente elettrica traversi il piano della figura dal dinanzi al di dietro. Coll'altra direzione si hanno i fenomeni inversi: ciò sia detto una volta per sempre a risparmio di parole e di figure. Ma questo stesso motivo rende qui necessaria un'altra dichiarazione, ed è che invece di continuare a supporre verticale l'ago N S lo immagineremo orizzontale, perchè nella posizione d'appiombo l'ago non dà segno distinto che dei movimenti laterali, mentre nella positura orizzontale manifesta in un modo egualmente distinto

i movimenti longitudinali, quelli cioè che s'eseguiscono nella direzione del suo asse. Per servirci dunque d'una sola figura nella descrizione delle vicende relative al conflitto perpendicolare avremo adesso in N S un ago che galleggia sull' acqua orizzontalmente, ed in R,R',R'',... le sezioni di un filo, che conduce una corrente elettrica dall'alto in basso. Ciò posto si segni sull' ago N S la posizione de' raggi polari *nn*, *ss*, e poi si osservi quanto segue:

1.° Che quando la corrente è in R od *r* dirimpetto all' estremità N, od S, l' ago si ritira a sinistra. Si tratta nell' uno e nell' altro caso dello stesso giro *abcd* (*Fig.* 31) traversato dalla medesima corrente *rz*. La forza che produce questo movimento è indicata nella figura 33 *bis*. dalle freccie R, *r* rivolte a sinistra e perpendicolari all'asse R*r*: *rivolte a sinistra* perchè egli è da questa parte che la corrente elettrica caccia l' ago N S; *perpendicolari all' asse* R *r*, perchè l' ago non soffre dalla corrente situata in R, *r* veruna spinta o chiamata nel senso del proprio asse siccome è facile d' assicurarsi coll' impedire il movimento laterale. Tolta che sia infatti all' ago la libertà di moversi a sinistra esso conserva il suo posto, come se non avesse dinanzi a se la corrente elettrica.

2.° Che quando la corrente elettrica passa per uno dei quattro punti R', *r'* R''', *r'''* (*Fig.* 33) corrispondenti ai raggi polari *nn*, *ss*, l'ago N S perde qualunque tendenza ai movimenti laterali. Non è in allora disposto che a moversi longitudinalmente, e questa disposizione è tale in R', *r'''* da dirigere l' ago verso la parte inferiore della figura; in R''', *r'* tale invece da dirigerlo verso la parte superiore. Queste direzioni sono marcate nella figura sussidiaria 33 *bis*. colle freccie

R′, r‴, R‴, r′ parallele tutte e quattro all' asse N S per l' evidente ragione che in queste quattro combinazioni l' ago non ha da obbedire a veruna forza che lo spinga a dritta od a sinistra.

3.° Che quando la corrente elettrica è in R″, r″ (*Fig.* 33) dirimpetto all' equatore dell' ago, quest' ago si move nel solo senso laterale, e precisamente come se R″ fosse per lui un centro di ripulsione, ed r″ un centro invece d' attrazione. La figura sussidiaria 33 *bis* provvede a queste due combinazioni, egualmente che all' altre presentando in R″, r″ due freccie dirette secondo il verso dei movimenti indicati dall' esperienza.

51. Ora per poco che si fermi l' occhio sull' andamento delle freccie R, R′, R″,.. si vede qual relazione passi fra di loro, ed i raggi dell' irraggiamento magnetico: son d' esse precisamente perpendicolari a questi raggi, e rivolte secondo che esige il magnetismo di consenso esistente sui raggi medesimi. Ma, si chiederà forse, questa corrispondenza che è così patente d' intorno alle due estremità dell' ago N S, come si sostiene nel mezzo R″, r″? La *legge di continuità* basterebbe forse a persuadere che la cosa non può essere altrimenti; pure per maggior sicurezza risponderemo direttamente coll' osservare che sull' equatore dell' ago l' irraggiamento magnetico prende una direzione parallela all' asse N S, in grazia della tendenza che hanno i raggi boreali *n′*, *n″*, (*Fig.* 34) di congiungersi ai corrispondenti australi *s′*, *s″*,... S' inarcano gli uni verso degli altri; ed è sull' arco della loro congiunzione che cadono a perpendicolo le freccie equatoriali R″, r″ (*Fig.* 33 *bis*). L' inarcamento di cui si parla, non è un ripiego teorico, ma sibbene una circostanza di fatto ben conosciuta da qualunque dilettante di magnetismo e che si verifica ogni qualvolta posta una verga

calamitata sopra un foglio orizzontale di carta vi si sparge all'intorno della limatura di ferro, la quale si dispone intorno al corpo della verga in altrettante curve consimili a quelle che sono tracciate sulla parte destra della figura 34. I raggi $n', n'', \ldots s's'' \ldots$ della parte sinistra non sono che i primi rami di quelle curve: rimangono dritti sinchè sono corti, ma prolungati che sieno coll'immaginazione, o con limatura di ferro sostenuta per modo da un piano che obbedisca alla legge dell' irraggiamento magnetico senza distaccarsi dai primi punti d'appoggio, prolungati dico che siano que' raggi, si vede come sorga in essi la necessità di ricercarsi l'un l'altro, e di stabilire fra loro una comunicazione, la quale pel suo parallelismo coll' asse della calamita insegna al geometra che questo è un luogo di passaggio, dove le freccie, o forze R'', r'' (*Fig.* 33 *bis*) non piegano nè dalla parte australe nè dalla boreale.

52. Dopo tutto questo qual sarà la soluzione da assegnarsi al problema del conflitto perpendicolare considerato in tutta la sua generalità? Si segni, noi diremo, il raggio per cui passa la corrente elettrica all'atto in cui comincia il conflitto, e su questo raggio si applichi ad angolo retto una freccia rivolta secondo che esige il fatto fondamentale (47). Tal freccia suggerisce colla sua direzione qual sia il primo passo, che tocca di fare all'ago. Nel farlo, l'ago impegna colla corrente un altro raggio. La costruzione fatta sul primo si ripete coll'immaginazione sul secondo, il quale segna all'ago tal via, qual conviene alla propria freccia, un po' più o un po' meno inclinata della prima secondo il luogo di partenza. Così si dica di tutti gli altri raggi magnetici, che vengono di mano in mano ad impegnarsi colla corrente elettrica; vale per tutti la stessa co-

struzione dal momento che si ripete sopra ciascuno di loro lo stesso conflitto.

53. Suppongasi, ex. gr., che il conflitto cominci in R′, quando cioè la corrente elettrica si trova alla sinistra dell'ago N S, dirimpetto ad uno dei raggi polari *n*. In tal caso la freccia perpendicolare a questo raggio (*Fig.* 35 n. I.) dice, 1.° che l'ago riceve una spinta che lo caccia, direttamente verso di noi; 2.°. che appena l'ago obbedisce a questa spinta, esso impegna sotto la corrente R′ i raggi obbliqui *n′*, *n′* che lo trasportano alla sinistra (n. II.) all'atto stesso in cui continuano a farlo avanzare dalla nostra parte; 3.° che a furia di guadagnare a sinistra giunge al segno d'avere esattamente dinanzi a se la corrente R′ (n. III). Giunto poi a questa posizione (che è la precisa dal fatto fondamentale), l'ago cessa dall'avanzarsi verso di noi; continua il suo movimento di fianco; impegna i raggi inclinati *n″*, *n″*; che lo riconducono verso R′ facendolo, per dir tutto in una parola, girare dalla parte sinistra di R′, come ha girato dalla parte destra (n. IV).

54. Questo movimento, come si vede, è di sua natura continuo, tale cioè, che l'ago dovrebbe, compiuto il giro di sinistra, passare alla destra, e da questa tornare alla sinistra, e così via discorrendo. Nel compiere per altro il giro di sinistra, incontra il conduttore voltiano, che gl'impedisce di andare più oltre (n. V).

Che se invece d'esser mobile l'ago, questo fosse fermo, e libero il filo, egli è chiaro che cosa farebbe quest'ultimo: girerebbe dalla parte contraria a quella del giro dell'ago (47). L'ago gira dalla parte delle *punte* delle freccie; il filo batte cammino contrario dirigendosi alla volta delle *penne* delle freccie medesime.

55. Fra i fisici che dietro le prime traccie di Oersted studiarono con successo questa classe di fenomeni meritano particolar menzione Faraday e Baccelli (1). Il primo per altro fece un passo di più; seppe vincere la difficoltà che si opponeva, nell' ordinario modo di esperimentare, al successo de' giri continui. Avremo a momenti occasione di parlare dell' ingegnoso apparecchio che egli immaginò a tal uopo; ma per ora dobbiamo passare dal conflitto perpendicolare al conflitto parallelo, e trascorrerne gli accidenti per così dire di volo. Una minore rapidità non servirebbe che ad annojare i leggitori ai quali abbiamo già detto tutto nella proposizione, che *tutt' all' intorno delle calamite non si fa mai altro, che ripetere la stessa vicenda, quella cioè del fatto fondamentale riferito ai raggi dell' irraggiamento magnetico.*

Conflitto Parallelo.

56. Sia N S (*Fig.* 36) il solito ago calamitato orizzontalmente galleggiante sull' acqua, ed rz la projezione d'un filo $r'z'$ che passando parallelamente al di sopra dell'asse dell'ago conduca una corrente elettrica dal sud al nord siccome denotano le freccie r', z' dello spaccato. In questo caso l'ago N S si volge all'ovest, e per modo (astrazion fatta dall'influenza del magnetismo terrestre) da prendere la posizione N' S' (*Fig.* 37) perpendicolare al filo rz.

Per comprendere il meccanismo di questa voltata insiem colle circostanze che l'accompa-

(1) *I fenomeni elettro-magnetici a due leggi ridotti* . . . . (Modena 1821) - *Antologia* N.° XVII.

gnano, giova cominciare dall' immaginarsi la fila di raggi s', s', s', n', n', n', che sorgono dal lato più elevato dell' ago N S, e s' impegnano colla corrente r' z', indi segnare intorno ai punti n, s, projezione de' raggi polari $n'n'$ $s's'$ i giri magnetici $a\,b\,c\,d$ $a'b'c'd'$ che si compiono dentro di loro e poi riflettere a quanto segue:

1.° Che i raggi $abcd$, $a'b'c'd'$ sono contrarj l' uno all' altro, e che mentre sotto l'azione della corrente rz, l' uno cioè l' $a'b'c'd'$ tende a rinculare all' est, in e (*Fig.* 37) l' altro $a\,b\,c\,d$ tende a rinculare all' ovest, in o (47).

2.° Che questo è appunto il movimento che prendono le braccia CN, CS all' ago, movimento per altro, che se è subito indicato dai raggi polari $n'n'$, $s's'$ dee attribuirsi a tutta quanta la fila de' raggi traversati dalla corrente $r'z'$. Metà di que' raggi è piantata sul braccio boreale C N metà sull' australe C S: nei primi si combina il giro $a\,b\,c\,d$ del raggio polare $n'n'$; nei secondi il giro $a'b'c'd'$ del raggio polare $s's'$. Sono tutti que' giri traversati più o meno obbliquamente dalla corrente $r'z'$; e tutti per conseguenza concorrono, per quanto il comporta la rispettiva loro inclinazione, a sottrarre dal conflitto superiore il braccio da cui partono.

3.° Infine che per le braccia CN, CS non cessa il motivo di voltarsi sotto la corrente rz che quando hanno acquistata la posizione perpendicolare N' S' (*Fig.* 37); perchè egli è solo in questa situazione, che la corrente rz traversa l' ago N' S' senza inciampare in verun de' raggi boreali ed australi. Le resta, è vero, da traversare ad angolo retto l' irraggiamento parallelo all' equatore (51); ma in tale passaggio noi già sappiamo qual sia l' influenza esercitata dalla corrente rz, È questo un caso di conflitto perpendicolare, e precisamen-

te quello che ha luogo quando la corrente della figura 33 passa per r''. Una sola tendenza manifesta in allora l'ago NS, ed è quella di correre a dirittura al filo r'': effetto che non ha luogo nella disposizione della figura 37, perchè l'impediscono e il peso dell'ago e la viscosità dell'acqua in cui è immerso.

57. Del resto sono così decise le forze che tendono a mantenere l'ago N'S' colle sue braccia giustamente divise dal filo *rz* che basta trasportare quel filo a dritta o a sinistra per veder subito correrví al di sotto l'equatore dell'ago. Voi già ravvisate nell'andamento delle frèccie o forze r', r'', r''' della figura 33 *bis* il motivo di siffatte corse: non può l'ago NS fermarsi che sotto la forza centrale r'', la sola che nol tiri obbliquamente. Uno de' primi fisici ad accorgersi di questo equilibrio fu senza dubbio il Prof. Baccelli (1). Colgo con piacere questa nuova occasione per rendere giustizia all'esperienze di questo fisico, uno tra i pochi Italiani che si scossero al generoso impulso dato alla scienza dal Filosofo Danese.

58. Nello studiare l'influenza che esercitano fra loro le correnti voltiane M. Ampère scoprì non solo, che tali correnti si attraevano o respingevano secondochè andavano dalla stessa parte o per contrario, ma di più giunse con esperienze dirette a provare che le correnti incanalate sopra conduttori immobili trascinano nella propria direzione le correnti incanalate sopra conduttori mobili. È questa una terza legge elettro-dinamica che la scienza dee a M. Ampère ed a cui questo celebre fisico lega la voltata che l'ago NS (*Fig.* 36, e 37)

---

(1) *I fenomeni elettro-magnetici ecc.* Modena 1821.

fa al disotto della corrente *rz*. Il filo, dic'egli, figura in questo caso da conduttore immobile e da mobile l'ago NS, il quale quand'è nella posizione N'S' ha per appunto le correnti, che girano sul suo dorso rivolte esattamente dalla stessa parte di *rz*: Non si può negare: il modo di dedurre l'equilibrio di cui si tratta dalla tendenza che hanno le correnti di ridursi alla stessa direzione, sembra di prima giunta così legittimo da sedurre chi che sia. Il metodo che si è seguito sin qui, può solo, giusto che sia, togliere l'illusione, e persuadere che la III. legge d'Ampère non esercita verun dominio sui fatti che stiamo esaminando. Nella quistione susseguente consacrata alle leggi elettrodinamiche avremo occasione di ritornare su questo punto di dottrina: e forse in allora dalla spiegazione meccanica che ivi daremo della terza legge, potranno i nostri leggitori apprezzare tutta la differenza che passa tra il meccanismo che riduce le correnti elettriche alla stessa direzione, e l'altro che determina l'ago NS a voltarsi sotto il conduttore *rz*. Ma qui meglio che allungarci in digressioni, che troveranno altrove un posto più adattato, giova ritornare sulle proprie tracce, e compiere la revista delle vicende relative al conflitto elettro-magnetico.

Giri Continui
Di Faraday, Davy, *ed* Ampère.

59. L'apparecchio con cui soglio ripetere l'interessante esperimento di Faraday, ha forse sugli altri un qualche vantaggio dal lato dell'artifizio impiegato a render mobile una porzione del conduttore voltiano. Non sarà quindi del tutto inutile il pensiero di cominciare quest'articolo dalla descrizione d'un tale apparato.

F G H K (*Fig.* 38) è lo spaccato di un cilindro di legno di due pollici all' incirca di diametro e di altezza. Questo cilindro è traforato lungo il suo asse, affine di poter alloggiare in quel buco un cilindro calamitato N S. Al di sopra in *mm* il cilindro è scavato un poco a forma di vaschetta, destinata a ricevere il mercurio, su cui dee scorrere la punta inferiore del conduttore mobile P *p*. Questo conduttore è composto di due pezzi; d'un sottile ago, cioè da cucire P, e d'un filo d'ottone πp congiunti insieme per mezzo d'una saldatura π, od altrimenti, bastando che sussista fra loro un contatto ben deciso.

F*f*, K*k* son due colonnette verticali incastrate sulla base FK; ed *fk* una piccola traversa che le congiunge insieme. Questa traversa ha nel suo mezzo un foro *oo* che risponde esattamente al polo N, e che lascia passare il conduttore P*p* sospeso in P ad una grossa spilla d'acciajo Q P calamitata e fissa sulla traversa *fk*.

Questo modo di sospensione è molto più libero di quelli che si usano comunemente. Per servirsene con successo basta far pervenire la corrente voltiana al filo mobile P*p* per una via più ampia che non è quella procacciata dal solo punto di sospensione. A tal fine si prepara un cerchietto *o' o'* di metallo, che s'amalgami facilmente col mercurio, com'è p. e. il piombo; e traforato nel mezzo si adatta al buco *oo* della traversa *fk*: indi all'atto di fare l'esperimento si versa sopra questa specie d'armatura una gocciolina di mercurio la quale si attacca al cerchietto *o'o'*, e distendendosi a guisa di velo sulla sua superficie riempie il voto *oo* attraverso cui passa il conduttore mobile P*p*. Così viensi ad affidare allo spillone calamitato Q P un solo uf-

fizio, quello di sostenere la parte mobile P*p*: al l'incombenza di condurre su questa specie di pendolo la corrente voltiana, supplisce l'appendice *o'o'* inzuppata, per così dire, in un piccolo bagno di mercurio il quale, conservando nel luogo dove comunica col filo P*p* quasi tutta la naturale sua fluidità, nulla o ben poco toglie a questo stesso filo di quella mobilità che gli procura il modo con cui è sospeso allo spillone Q P.

60. Quando questo apparecchio è disposto in guisa da mettere in conflitto il polo *nord* d'un cilindro calamitato con una corrente che *discenda* per P*p*, questa specie di pendolo si mette a girare d'intorno ad N (projettato in N') per la via *p'p''p'''*. Questo giro è contrario ad *abcd*, al giro cioè che il fluido magnetico fa dentro al cilindro N S. È già per se medesima assai singolare una tale contrarietà; ma lo diviene anche di più riflettendo, che basta invertire il corso della corrente elettrica per determinare sul pendolo *p*P il giro corrispondente al verso della circolazione magnetica *abcd*. Ed infatti se non avesse luogo che quest'ultima combinazione, chiunque si contenterebbe di vedere nel pendolo elettrico P*p* un ostacolo trasportato in giro dalla circolazione magnetica *abcd*. Ma l'ostacolo gira pur anche contro il verso della causa motrice. Che dunque dire? Confessare prima di tutto che questo è forse il più gran paradosso che s'incontri nella scienza, e poi cercarne la soluzione sull'irraggiamento magnetico.

61. S'immagini per questo una moltitudine di piccoli aghi calamitati disposti a cerchio, o vogliasi dire a stella (*Fig.* 39) con tutti i loro poli *nord* al di fuori, ed i poli *sud* al di dentro: indi si cerchi come si comporterebbe la corrente discendente P*p* (*Fig.* 38) se invece di passare ac-

canto del polo N del grosso cilindro calamitato N S, passasse dinanzi ad uno dei poli *n* de' piccoli aghi della stella, appunto come le accaderebbe, se questa stella facesse corona all' estremità N. Noi già sappiamo dalle particolarità riferite sul conto del conflitto perpendicolare, da qual lato tenda a fuggire un conduttore P *p* (*Fig.* 39) che passi dinanzi ad un giro magnetico *abcd*: tende a fuggire in *o* se la sua corrente viene d'alto in basso, al contrario in *e* se la sua corrente marcia di basso in alto. Or bene il filo P*p* della figura 38 si trova precisamente nel primo di questi due casi dinanzi al raggio della stella che abbiamo immaginata in N; sicchè a sapere come un tal filo si mova, basta condurre nella pianta F′ K′ un raggio qualunque N′ *n*, e poi trasportare su questo raggio la freccia del conflitto che è, nel caso di cui si tratta, la *c′ d′* rispondente alla *cd* della figura 39. Egli è secondo la direzione di questa freccia *c′ d′* che il filo P*p* scapperà dal primo raggio della nostra stella: ma nel fuggire passerà dinanzi al raggio vicino, che rinnoverà su di lui lo stesso effetto. Sarà dunque costretto di girare intorno alla stella dalla parte *p′ p″ p‴*.

62. Voi già vedete, che questo è precisamente il giro che il filo P*p* fa d' intorno al polo N della calamita N S, e che la stella or ora immaginata a modo di corona d' intorno ad N non è che la grossolana immagine de' raggi polari che circondano questa stessa estremità. Non resta quindi che a perfezionare la rappresentanza col vedere la corrente P *p* in continuo conflitto, non meno con uno de' raggi polari, che con tutti ancora quegli altri raggi, ch' essa traversa più o meno obbliquamente, e che tutti più o meno concorrono a farla girare dalla stessa parte *p′ p″ p‴*.

Quando poi s'inverte il corso della corrente, s'inverte eziandio il giro del filo, perchè il contrasto che la corrente discendente P*p* (*Fig.* 39) soffriva dal lato superiore *cd* de'raggi magnetici, passa al di sotto in *ab*.

63. Ond' ecco in ultima analisi come il fatto rientri sotto i principj i più semplici di meccanica. Imperocchè non si tratta già di vedere nel conduttore P*p* un semplice ostacolo, che si lasci strascinare in giro dalla circolazione magnetica, si tratta di vedervi una corrente che interrompe di sicuro il corso della circolazione magnetica; ma che all'atto stesso dell' interrompimento dà la mossa a quegli stessi giri di consenso, che abbiamo studiato sui raggi dell' irraggiamento magnetico. Egli è in questi giri che risiede la causa che determina il filo P*p* a ruotare d'intorno all'asse della calamita, ora da una parte, ora dall' altra, secondo che i giri medesimi sono traversati dalla corrente d'alto in basso, o di basso in alto.

64. Nello svolgere tutto questo meccanismo ci siamo forse un po' troppo dimenticati della risoluzione che facemmo di toccare rapidamente questa sorta di vicende (55). Ma l'esperienza di Faraday meritava una distinzione; e noi gliela abbiamo usata coll' avere a suo riguardo violata in parte la legge dell' impostoci laconismo. Non s'intende già per questo di diminuire il merito dei giri continui che si sono scoperti dopo quelli di Faraday; vuolsi solo pagare un tributo a chi seppe il primo insegnare ai fisici il modo di conseguirli sopra un ingegnoso apparecchio.

65. Dall'esperimento di Faraday si passa naturalmente al movimento di rotazione che concepiscono le piccole masse di mercurio sottoposte alla doppia azione elettro-magnetica. La scienza

riconosce da Davy la scoperta di questa seconda specie di giri. Io soglio procacciarmeli in un modo così semplice che giova forse di farlo conoscere.

Prendo un cilindro d'acciajo N S (*Fig.* 40) ben calamitato, e dopo d'averlo fissato in posizione verticale, verso sulla sua base superiore N una goccia M di mercurio ben puro; e perchè essa non cada, ho cura di guarnirla tutt' all' intorno d'un piccol riparo, mediante un anelletto di legno *kk'* che entra a fregamento stabile sull'estremità N. È questo tutto l'apparecchio, giacchè all'atto in cui si mette la goccia M in comunicazione coi due poli *rame* e *zinco* dell'elettromotore, essa si vede girare rapidamente al di sopra del cilindro che la sostiene. Un tal giro (nel caso della figura, ove il conflitto elettro-magnetico ha luogo fra il polo *nord* ed una corrente *discendente*) si fa dalla parte opposta a quella della circolazione magnetica *abcd*. Sul polo *sud*, ritenuta la stessa corrente, la goccia gira dall'altra parte.

66. Avvi un mezzo speditissimo di ottenere l'un dopo l'altro questi due giri. Invece di adoperare, come si è detto, un cilindro d'acciajo ben calamitato N S, se ne impiega uno di ferro del tutto scalamitato, affine d'infondergli il magnetismo col mezzo d'una delle ordinarie calamite a ferro di cavallo. Quando il cilindro di ferro è sopra l'uno de' poli della calamita, la goccia di mercurio M gira da una parte: appena il cilindro passa sull'altro polo, che la goccia gira dall'altra banda. Deggio anzi su questo proposito avvertire i fisici che tanto per questo sperimento, come per gli altri della medesima specie, vale assai meglio servirsi di cilindri di ferro calamitati *per con-*

tenso (1) che di cilindri d' acciajo calamitati *in modo permanente*. Egli è vero che il primo è un magnetismo passeggiero, il quale dura soltanto nel cilindro sino a che gli si mantiene al di sotto uno de' due poli delle solite calamite; ma oltrecchè questa precarietà di magnetismo giova allo scopo di conseguire in un momento, sulla medesima base del cilindro, i due giri, bisogna anche valutare un altro vantaggio, ed è che il cilindro ricevendo dalla sottoposta calamita un magnetismo molto più gagliardo di quello che esso possa conservare permanentemente, determina nel suo conflitto colle correnti elettriche degli effetti di gran lunga più distinti che esso non dà con tutto il suo magnetismo *di saturazione* (2). Per sino nel *molinello di Barlow*, di cui parleremo fra poco, non è da disprezzarsi l' ajuto del magnetismo di consenso.

67. Ma vengasi una volta alla spiegazione del movimento rotatorio che acquista la goccia M; e per questo si osservi che le correnti voltiane marciano, al pari dell' elettricità ordinaria, sulla superficie de' conduttori metallici; sicchè la corrente

---

(1) Possono essere anche d'acciajo purchè *non temprato*. Nell' esperimento della goccia M, egualmente che negli analoghi, interessa che il magnetismo della sottoposta calamita passi sollecitamente sul cilindro dell' esperimento; e la *tempra* è tale operazione che ritarda, sull' acciajo che l' ha subìta, siffatto passaggio.

(2) Per assicurarsi della verità di quest' asserzione basta prendere due cilindri eguali nelle dimensioni, ma l'uno calamitato quanto meglio si può, e l' altro del tutto scalamitato; e poi messo quest' ultimo sul polo d' una grossa calamita, tuffare l' uno e l' altro cilindro in una massa di limatura di ferro, per vedere quale dei due ne trasporti seco maggior quantità. È tale la differenza de' due carichi da non sembrar per certo esagerato il vantaggio di cui si è parlato di sopra.

che discende per P*p*, appena arriva in *p* che si sparpaglia tutto all' intorno della goccia M per andar in seguito da amendue le parti *po*, *pe* a raccogliersi sul filo che dee condurla al polo negativo della pila (1). Che si tratta dunque in questo caso? Si tratta d' altrettante correnti discendenti *po*, *pe* le quali all' atto in cui traversano i raggi dell' irraggiamento magnetico, sono da questi medesimi raggi sospinte in giro egualmente che lo è il pendolo di Faraday (*Fig.* 38).

68. Dopo questo il lettore non ha che a trasportare l' occhio sulla figura 41 per comprendere il meccanismo, che fa girare sul loro asse i galleggianti di M. Ampère.

N S è un cilindro calamitato scavato a vite da amendue le parti, per potere adattare or sull' una ed ora sull'altra un cilindro di platino S S′ destinato a formare una massa N S′ pesante al segno da sostenersi verticalmente in un bagno di mercurio M M′. La cavità poi che resta libera si riempie di mercurio all' oggetto di farvi pescar dentro la punta *p* d' uno dei due conduttori che comunicano coi poli dell' elettro-motore: l' altro pesca al solito in un qualche punto del bagno M M′. All' atto in cui si compie il circuito, la corrente che supporrem discendere per P*p*, si sparpaglia a raggi sulla base N; si ripiega sugli spigoli *o*, *e*; discende lungo i lati *oo′*, *ee′*; arriva in *o′*, *e′* alla superficie del bagno su cui si spande di nuovo, e da cui è in fine rimessa al filo negativo della pila.

69. La traccia di questo viaggio è nella figura 41 *bis* marcata un po' distante dal luogo preciso

---

(1) Ho verificato tutto questo movimento con un' esperienza diretta. Avrò occasione di riferirla nella questione susseguente (n.° 93).

ove cade realmente, perchè non si confonda col contorno del cilindro, e possa il fisico d' un solo colpo d' occhio riconoscere che tanto dalla parte *p o o'*, come dall' altra *p e e'* nasce un conflitto, il quale, mentre tende a far girare le correnti *p o o'*, *p e e'* dalla stessa banda che si movono il pendolo di Faraday, e il mercurio di Davy, determina i raggi magnetici *n, n, n . . . n', n', n' . . .* al movimento contrario; per la ben nota ragione che ciascun di loro rincula dal lato opposto a quello, verso cui spinge la corrente che lo traversa (47).

70. M. Ampère ha anche fatto girare sul suo asse un conduttore voltiano, invertendo la disposizione della figura 41, vale a dire col mettere nel posto del galleggiante magnetico N S un cilindro di ottone, e coll' applicare al di sopra di questo l' azione magnetica. Il meccanismo che fa ruotare questa nuova specie di galleggiante è del tutto identico a quello che fa girare la goccia M di mercurio (*Fig.* 40). La sola differenza che passa fra i due esperimenti si è che nell' uno il movimento di rotazione è impresso a un conduttore *solido*, ad un *fluido* invece nell' altro.

Molinello di Barlow.

71. Ne' giri sin quì esaminati abbiamo visto agire uno solo de' poli magnetici alla volta: ora vedremo nel grazioso esperimento di Barlow combinarsi l' azione d' amendue.

N O S (*Fig.* 42) è una calamita a ferro di cavallo, la quale poggia sopra una tavola orizzontale di legno L L' scavata alquanto nel mezzo per potervi versar dentro un po' di mercurio;

x y z è un arco conficcato in *x* sulla tavola, e congiunto in *z* ad un rettangolo *f g h* entro cui gira una rotella dentata R. Tutte queste parti sono

d'ottone, e combinate in modo che la rotella peschi, volendo, con uno de' suoi denti *r* nel mercurio che si versa nella vaschetta.

72. I fisici conoscon troppo bene quest' apparecchio, perch' io possa senz' altro passare ad occuparli del giro che la rotella R concepisce all' atto in cui entra nel circuito voltiano col mettere l' arco *xyz* in comunicazione con uno de' poli della pila, ed il mercurio della vaschetta coll' altro. Supponendo, che la corrente venga d' alto in basso e che il polo *nord* della calamita sia (rispetto a chi guarda la figura) al di là della rotella, ed il polo *sud* al di quà, la rotella gira da dritta a sinistra, dalla parte cioè *r*O. Voi ne vedete subito il motivo marcando al piede del raggio R*r* (*Fig.* 42 *bis.*) il giro *abcd* che si compie dentro i raggi magnetici *n*, *s*, attraversati dalla corrente che discende per R*r*. Questi raggi per la corrispondenza de' loro giri interni si ricercano l' un l' altro: costituiscono un raggio solo sempre in conflitto colle correnti che vengono per traversarlo, e sempre in modo da spingere alla sinistra *cdo* quelle che marciano come la R*r* d' alto in basso, ed alla dritta le altre che battono il cammino opposto di basso in alto.

73. Dissi poi (66) che nel ripetere questo esperimento, non conveniva trascurare il sussidio che può porgere il magnetismo di consenso; perchè quando si aggiungono due barre di ferro N', S'. ai poli N, S della calamita, e si fa che la rotella R passi fra di esse, questa rotella gira assai più rapidamente, che non fa senza quelle due appendici. Già si vede che l' uffizio delle barre N', S' è d' avvicinare la circolazione magnetica al luogo del conflitto, e si comprende come col loro ajuto si possa risparmiare molto dal lato della forza delle correnti voltiane senza compromettere il

successo dell'esperimento. La rotella del mio piccolo apparato gira assai bene in mezzo alle appendici N', S' colla corrente d'un solo elemento alla Wollaston di 18 in 20 pollici di superficie. E forse quest'esperienza, già graziosa per se, lo diviene anche di più coll'aggiunta delle barre N', S' alle quali si può, dentro certi limiti, addossare l'incarico di regolare il movimento del molinello. Vuolsi per esempio che questo giri al maggior segno, ed allora s'accostano le barre, quanto più si può, alla rotella; vuolsi rallentare la rotazione, ed in allora s'allontanano le appendici.

Anello galleggiante di M. De La Rive.

74. Se si adatta alla parte inferiore di un galleggiante rotondo di sughero *g g'* (*Fig.* 43) un piccolo apparecchio voltiano composto d'una piastrina di zinco *z z'* circondata da un'altra di rame *r r' r''*; e se d'un filo di rame ricoperto di seta se ne faccia un anello *abc* col rotolarlo più volte sopra se medesimo, e se infine si saldi una delle due estremità d'un tal filo alla laminetta di zinco *z z'*, e l'altra alla laminetta di rame *r r' r''*, si ha in questo altrettanto semplice che utile sistema il galleggiante di M. De La Rive. I fisici già sanno come quest'anello, allorchè pesca in compagnia d'un altro nell'acqua acidula, manifesti le attrazioni e ripulsioni osservate da M. Ampère sui conduttori mobili, e come ingrandito che sia sino ad un certo segno, esso si disponga col proprio asse lungo il meridiano magnetico a guisa degli aghi ordinarj da bussola. Ma queste non sono propriamente le vicende, per cui si rammenta nel presente luogo l'anello di M. De La Rive: sono l'altre invece che si presentarono a questo fisico allorchè mise il proprio anello in conflitto con una

verga calamitata NS. Vide egli fra gli altri accidenti, che quando l'anello *abc* era disposto per modo rispetto alla verga NS, da venire a coricarvisi sopra, guadagnava a poco a poco l' estremità più vicina N; la scavalcava; s'infilzava sulla verga, e retrocedendo veniva in fine a stabilirsi sul centro di essa. Tutto questo movimento onora il fisico, che lo seguì in un tempo ove non era di certo così facile il prevederne tutte le circostanze. Ora per altro niuna difficoltà impedisce di trattare il problema in tutta la sua generalità, dicendo che la verga NS ha in questo caso i raggi del suo irraggiamento magnetico impegnati con tali correnti che montano dal lato *ab*, mentre discendono dal lato *ca*. Le prime obbediscono alla legge delle freccie, o forze r'', r', R, . . . della figura 33 *bis*; le seconde alla legge inversa: queste forze hanno una risultante, e l'anello *abc* si move, o tende a moversi secondo la direzione di quella.

---

75. E quì porrò fine all'argomento del conflitto elettro-magnetico, persuaso di non aver ommesso veruno de' fatti che potevano meritare una particolar attenzione. Sia pel loro numero come per la loro qualità, sono tali queste vicende da lasciar ben poca speranza di scoprirne delle altre d' un qualche interesse. Anzi osservando che non vi ha luogo intorno alle calamite che non si sia scandagliato in più modi, si converrà facilmente che si potranno bene complicare gli elementi del conflitto, ma non immaginare per questo una combinazione veramente nuova. L' ultima di M. De La Rive comincia già ad appartenere alla classe delle composte; nè io avrei saputo chiudere meglio che con essa un catalogo di fatti destinato,

fra gli altri oggetti, a mostrare che la dottrina non sa rinvenire lacuna nella serie delle esperienze relative al conflitto elettro-magnetico.

QUESTIONE V

Sulle nuove leggi elettro-dinamiche.

76. Quali sono i principj che ci hanno sostenuto sin quì? Ve ne ha di due specie; gli ordinarj cioè di meccanica, e i due di fatto scoperti da M. Ampère relativamente all'attrazione, o ripulsione che manifestano le correnti elettriche secondo che vanno dalla stessa parte, o per contrario. Non vi è per altro confronto nell'impiego di queste due specie di principj: la prima è consultata ad ogni passo, mentre non si ricorre alla seconda che in alcune determinate circostanze. Questa considerazione non conduce essa a sospettare grandemente che le leggi d'Ampère non siano già leggi *primitive*, a cui debba il fisico arrestarsi per non sapere andar più oltre, ma leggi *secondarie* dipendenti dalle leggi generali de' fluidi? E tale sospetto non cresce egli a dismisura pensando alla natura dell' elettricità, agente che sembra in tutte le sue vicende non seguire altre leggi fuori di quelle che spettano ad un fluido per se stesso elastico?

77. Per vedere a qual partito convenga appigliarsi bisogna, prima d'ogni altra cosa, ricercare se le leggi elettro-dinamiche siano leggi distinte oppure una sola applicata alle diverse posizioni che le correnti voltiane possono prendere le une rispetto alle altre.

Abbiasi per questo primo oggetto in P N (*Fig.* 44) una corrente fissa, ed in *pn* una corrente mobile parallela alla prima, e diretta dalla

stessa parte di questa. L'esperienza prova che *p n* viene a congiungersi con P N. L'esperienza dimostra egualmente che quando il conduttore *p n* è nella posizione rovescia *p n'*, questo conduttore scappa via da P N. E tale è questa sua fuga che se fosse mobile soltanto intorno al punto *p*, a guisa d'una freccia d'orologio, descriverebbe il mezzo giro *n' o n*, che vale quanto dire si torrebbe dal lato della ripulsione per trasportarsi a quello dell'attrazione. Questo movimento, già necessario per *legge di continuità*, è posto fuori d'ogni dubbio da un esperimento diretto, da quello appunto che stabilisce la terza legge elettro-dinamica *le correnti tendono a strascinarsi alla medesima direzione*. Quando infatti M. Ampère ebbe a studiare l'influenza d'un conduttore fisso P N (*Fig.* 45) sopra di un altro *p n*, mobile intorno ad un asse C *c* perpendicolare alla direzione d'ambedue, trovò che il filo mobile *p n* tendeva a fermarsi stabilmente in *p' n'*, in tale posizione cioè da essere parallelo al conduttore fisso P N, e da avere nello stesso tempo la propria corrente diretta dalla stessa parte dell'altra. Imperocchè ogni qualvolta scostava il filo da quella posizione, glielo vedeva ritornare, e fermarvisi dopo un certo numero di oscillazioni, appunto come fa il pendolo a cavallo della sua linea d'appiombo. E il paragone è tanto più giusto in quanto che il conduttor mobile *p' n'*, rovesciato che sia esattamente sulla linea del suo equilibrio stabile, ne acquista uno instabile al pari di quello che prende il pendolo rovesciato in alto.

78. Non son dunque le tre leggi elettro-dinamiche che la conseguenza d'un solo principio, della tendenza cioè che le correnti elettriche hanno di ridursi alla stessa direzione, e ridottevi di congiungersi insieme: principio che si può

esprimere più semplicemente dicendo che *le correnti elettriche tendono a formare una sola corrente.* Con questa riduzione si è già forse tolta dalle leggi ampèriane la più gran parte del velo misterioso, con cui si presentano a prima vista; nè forse per comprenderne il meccanismo resta a fare che un solo passo, quello relativo al modo con cui le correnti voltiane propagano all'intorno la loro azione.

79. Per venire a capo di questa seconda ricerca comincierò dal riflettere che l'elettricità la quale passa dall'uno all'altro polo d'una pila per la via d'un filo congiuntivo, non lascia tranquilla al suo posto l'elettricità dell'ambiente, in cui passa il filo medesimo. Egli è vero che quest'ambiente è ripieno ordinariamente d'aria, sostanza la quale appartiene ai corpi *isolanti*, ma nemmeno per questo può supporsi rotta ogni comunicazione fra la corrente che scorre sul filo congiuntivo, e l'elettrico circostante, dal momento che si sa con tutta la sicurezza non versarsi elettricità sopra un conduttore qualunque senza che l'ambiente se ne appreprii subito una porzione e la confonda colla sua naturale. E questo è rigorosamente vero, qualunque sia il mezzo solido o fluido, in cui peschi il conduttore voltiano, per la ben nota ragione che il migliore degli isolatori è pur sempre un corpo dotato di qualche grado di facoltà conduttrice. Poichè dunque sussiste mai sempre una certa comunicazione fra l'elettricità dell'ambiente e l'altra che corre sul filo congiuntivo, forza è che la prima si associ al movimento della seconda: il che con altri termini vuol dire, che ogni corrente voltiana sarà più o meno accompagnata nel suo corso dall'elettricità circostante.

Ma per formarsi un' idea anche più precisa di questo accompagnamento abbiasi in P N (*Fig.* 46) un conduttore voltiano su cui scorra una corrente da P verso N, ed in *np* una colonnetta del fluido ambiente considerata perpendicolare al corso P N. La base *p* di questa colonnetta comunica colla corrente P N, la quale appena vi arriva sotto che la strascina seco facendole fare un passo innanzi. Per tal passo la colonnetta *pn* discende un poco verso la causa motrice, e s' incurva come si vede in *n' p'*. Nel procedere della corrente la base della colonnetta fa un secondo passo. È questo pel filo fluido *p'n'* un nuovo motivo di scendere ed incurvarsi d'avvantaggio come accade in *p''n''*. Questi due effetti crescono al terzo passo; e così sempre più, sinchè incurvata la colonnetta del tutto segue la corrente P N a modo di strascico, che non viene mai meno, perchè all'ambiente non manca fluido da sostituire a quello che se ne va dietro all'elettricità voltiana. Ciò poi che accade ad un filo di fluido *pn* accade a tutti gli altri che circondano il conduttore P N; sicchè l' influenza esercitata dalle correnti elettriche sull'elettricità circostante si risolve in due movimenti: l'uno di traslazione, o longitudinale; l'altro di discesa o di chiamata verso la causa motrice. Questo doppio movimento che s' intende rappresentato dalle linee punteggiate al di sotto del conduttore, è confermato dalle osservazioni le più triviali.

Prendasi per esempio il cannone di una penna da scrivere e si trafori tutt' all'intorno come si indica in *st*. Si allunghi in seguito questa cannuccia con un tubo di vetro, e poi si soffii dentro a questo tubo coll' idea di scandagliare il movimento dell' aria esteriore, sia con un filo di seta tenuto penzolone a fianco della penna traforata,

sia colla fiamma d'una candela posta d'appresso alla penna medesima. Il filo corre sul dinanzi della penna, e guadagna per modo verso la direzione del soffio che vi cade dentro. La fiamma si comporta egualmente: piega a un tratto e verso la cannuccia e verso la direzione del soffio. La vista di questi movimenti non è sicuramente tale da sorprendere chicchessia. Tutti ne ravvisano la cagione nell'aria esteriore che tien dietro a quella del soffio interno, come fa, diciam noi, l'elettricità dell' ambiente rispetto alla corrente voltiana PN.

80. Concepito una volta questo modo di propagazione, non parmi che il resto soffra alcuna difficoltà. Egli è infatti evidente che un conduttore voltiano PN, sinchè si conserverà solo nello spazio collo stesso strascico in ogni sua plaga, sarà in equilibrio, perchè in mezzo ad una massa di fluido che lo premerà egualmente da tutti i lati. Ma se per una cagione qualunque l'elettricità che si associa alla corrente voltiana, verrà a crescere od a calare da una parte del conduttore, bisognerà bene che questo pieghi dal lato dove soffre una pressione minore. Ora che accade egli quando si hanno due conduttori in presenza? Se le lor correnti marciano per contrario (*Fig.* 47) l'una arresta nello spazio di mezzo *ii*, lo strascico dell'altra: ivi si forma un addensamento, un ingorgamento di fluido il quale spinge i fili PN, P' N' alle parti esteriori *ee*, *e'e'* non soggette al sopraccarico di fluido che nasce nel luogo centrale *ii* (1).

---

(1) L'ingorgamento di cui si parla nel presente luogo tende a produrre un altro effetto, quello cioè di ritardare il corso delle correnti contrarie. È questo un accidente meccanico non meno necessario della spinta che separa i

E posto che i conduttori contrarj PN, P'N', fossero vincolati ad un asse CC' non potrebbero in tal caso separarsi; e siccome non avrebbero alcun motivo di girare piuttosto da una parte che dall'altra, così sarebbero in equilibrio. Ma questo equilibrio appartiene evidentemente alla classe degli instabili, che si rompono alla più piccola deviazione. Supponete infatti che i due conduttori siano usciti un pochino dal loro piano comune, come indicano le projezioni *pn*, *p'n'* e vedrete subito l'elettricità dell'ambiente che partecipa al movimento delle due correnti incrocicchiate *pn*, *p'n'* obbligate a marciare per la via di mezzo AB. Nasce quivi un terzo filone verso cui piegano i laterali *pn*, *p'n'*; su cui cioè questi ultimi si chiudono strascinati a quella volta dalle colonne di fluido che si dirigono lungo la diagonale AB. Il fatto non è meno semplice che facile a verificarsi sopra due correnti aeree incanalate dentro due cannuccie traforate come la *st* (*Fig.* 46), e disposte in modo da figurare l'una da conduttore mobile, e l'altra da conduttore immobile (*Fig.* 45). E per verità non si ha che a soffiare con un po' di cautela dentro la cannuccia mobile mentre un altro soffia nell'immobile, per vedere

---

due conduttori P N, P' N'. Io lo cito, non già per lusso, ma per giustificarlo col dimandare che cosa nasce ad un ago calamitato dentro a una spirale voltiana allorquando si capovolge nella spirale medesima. L'ago si scalamita. Ma come? In virtù de' giri elettrici che distruggono a poco a poco i contrarii preesistenti nell'ago magnetico. Non varrebbe, a dir vero, la pena di entrare in siffatte minuzie; ma come sopprimerle in un tempo ove i metodi *astratti* tentano di prendere il sopravvento ai metodi *meccanici?*

la prima guadagnare manifestamente, ad ogni soffio, verso la direzione della seconda (1).

Ma le correnti voltiane non tendono unicamente a strascinarsi alla medesima direzione: tendono in pari tempo ad unirsi insieme. Osservate la figura 48 la quale rappresenta il caso di due correnti dirette per lo stesso verso, e vedrete che ciascuna di loro tende ad appropriarsi lo strascico dell'altra. È questa una specie di furto che tentano di farsi reciprocamente, e per cui dal lato interno *ii*, si sprovvedono d'una parte del loro sostegno ordinario, consistente nel fluido d'accompagnamento; il qual fluido mentre obbedisce alla chiamata di una delle correnti, toglie una parte della sua pressione all'altra. La parte dunque centrale *ii* che nel caso delle correnti contrarie diveniva, per l'ingorgamento, un luogo *d'accresciuta pressione* che determinava il rinculo de' conduttori, si converte ora in un luogo di *pressione diminuita*, sul quale si chiudono i fili PN, P'N' sospintivi dall'eccesso di pressione che regna alle parti esteriori *ee*, *e'e'*.

81. Avvi un principio generale, da cui dipende ogni sorta di attrazioni e ripulsioni apparenti: esso è, che *i corpi immersi nello stesso fluido vengono da questo fluido obbligati ad allontanarsi, o ad avvicinarsi secondo che la porzione frapposta ad essi si fa più o meno premente dell'esteriore*. Ho sviluppato altrove questo principio (2); ma perchè

---

(1) È questa la spiegazione meccanica promessa al n. 52. Se ne avverte il leggitore, perchè non gli sfugga l'occasione di fare il confronto fra il meccanismo della terza legge d'Ampère, e l'altro che fa voltare l'ago (*Fig.* 36, 37) al di sotto della corrente *rz*.

(2) *Meccanica della materia*. (Milano 1819 e 18no e Modena 1822 vol. 3.°)

il presente lavoro si conservi indipendente da qualunque altro, e nello stesso tempo perchè il leggitore non vegga trascurato un punto di dottrina intimamente legato col soggetto delle leggi elettro-dinamiche, accennerò quì brevemente la via, che parmi la più propria per conciliare coll' antico canone delle attrazioni e ripulsioni elettriche il nuovo di M. Ampère.

82. Sia che si abbia in mezzo all'aria un corpo elettrizato in più od in meno, accade in ogni caso di trovare dopo un certo tempo, generalmente parlando assai breve, ridotto il corpo al suo stato naturale. Questo fatto non meno riconosciuto da tutti i fisici, che pienamente conforme alle leggi d'un fluido per se stesso elastico che tende ad equilibrarsi, altro non dice se non che come l'ambiente serve a ricevere nel suo seno il soprappiù di fluido contenuto sul corpo elettrizzato positivamente, così lo stesso ambiente serve a fornire quello che manca al corpo elettrizzato negativamente. Avvi dunque costantemente d' intorno a qualunque corpo elettrizzato un movimento d'elettricità dal corpo all' ambiente, se il corpo ne ha di più del bisogno; dall' ambiente al corpo se questo ne ha di meno. Ora tenendo dietro a questo movimento il quale va naturalmente calando a misura che il corpo s' avvicina al suo stato naturale, ritrovo;

1.° Che quando si hanno in presenza due corpi P, P′ (*Fig.* 49) elettrizzati in più, l'elettricità che fugge da ambedue i sistemi determina nell' intervallo di mezzo M un condensamento di fluido, il quale produce i seguenti due effetti: consiste il primo nel voltare metà da una parte, e metà dall'altra i fili d'elettricità *pn*, *p′n′* che si vengono incontro: consiste l'altro nel rin-

culo de' due corpi P, P', rinculo realmente dovuto al fluido che condensato nello spazio curvilineo M dalle due opposte emissioni, reagisce, a modo di molla, contro di esse.

2.° Che quando si hanno in presenza due corpi N, N' (*Fig.* 50) elettrizzati negativamente, nasce bensì il movimento inverso del precedente, ma non per questo, come parrebbe di prima giunta, l'avvicinamento dei due sistemi. Imperciocchè il fluido contenuto nello spazio curvilineo M continua, al pari di prima, ad esercitare l'uffizio d'una molla tesa in mezzo ai due corpi N, N'. Chi tende la molla nel caso dei due corpi positivi P, P' (*Fig.* 49) sono le correnti interne e contrarie *pn*, *p'n'*: chi la tende nella combinazione dei due corpi negativi N, N' (*Fig.* 50) sono parimenti due correnti interne e contrarie le *pn*, *p'n'* ortogonali alle *pn*, *p'n'* dell'altra figura.

83. Considerando in tal modo l'antica legge delle elettricità omonome parmi che si vegga assai chiaro com'essa risponda alla moderna delle correnti contrarie; anzi crederei che si potesse a dirittura comprendere la prima nella seconda, accordando alla frase di *correnti contrarie* tutta la latitudine di cui è suscettiva, vale a dire prendendo per una combinazione di correnti contrarie tanto quella delle correnti voltiane PN, P'N' (*Fig.* 47) che passano a certa distanza le une dalle altre, quanto le altre due relative alle correnti *pn*, *p'n'* (*Fig.* 49 e 50) che nascono frammezzo ad ogni coppia di corpi elettrizzati nello stesso senso, e che si dirigono esattamente le une contro delle altre, operando nello scontro l'effetto analogo a quello che accade fra le correnti contrarie PN, P'N' (*Fig.* 47) che si schivano.

84. Questo modo di vedere si estende assai facilmente al caso dell'attrazione voluta egualmente

dalla legge ordinaria delle elettricità eteronome, che dall'altra ultimamente scoperta delle correnti voltiane dirette per lo stesso verso. Osservando di fatti la figura 51 destinata a rappresentare la combinazione d'un corpo P elettrizzato in più, e d'un altro N elettrizzato in meno, si vede subito dalle freccie scolpite intorno ai globi, che nell'intervallo di mezzo i due movimenti si fanno dalla stessa parte; per modo cioè da conservare al fluido centrale *iii* l'ordinaria sua densità; poichè quanta elettricità scappa da P per la via di mezzo *iii*, altrettanta ne succhia il corpo N. Ciò posto quale dovrà essere la condizione dell'elettricità dell'ambiente alle parti esteriori *eee*, *e'e'e'*, perchè nasca il noto effetto della congiunzione dei due corpi P,N? Bisognerà che il fluido vi sia condensato: condensazione appunto che nasce in grazia dell'elettrico che fugge dal corpo positivo P; poichè a riserva della porzione che è succhiata a dirittura dal corpo negativo N, il resto si spande alle parti esteriori *eee*, *e'e'e'*.

85. All'atto per altro in cui i corpi P, N si toccano nasce un fenomeno differente da quello che nella stessa circostanza si osserva sui conduttori PN, P'N' (*Fig.* 48). Imperocchè appena il corpo positivo P (*Fig.* 51) giunge a toccare il corpo negativo N, che gli versa sopra il suo eccesso d'elettricità: si stabilisce quindi l'equilibrio elettrico, e i due globi non esercitano più veruna azione l'uno sopra dell'altro. Al contrario i due conduttori PN, P'N' (*Fig.* 48) rimangono dopo il contatto congiunti insieme con una certa energia. Il motivo di questa differenza si fa palese riflettendo che la circostanza del contatto non estingue sui conduttori voltiani quel movimento elettrico ch'essa distrugge intorno ai globi P,N. Sinchè sono separati, tendono i due con-

duttori ad unirsi per l'eccesso di pressione che domina dal loro lato esteriore: congiunti che sono si esige una forza per separarli eguale alla pressione che li ha determinati a congiungersi.

86. La differenza in discorso non presenta adunque veruna singolarità: parmi anzi tanto naturale da servire di conferma al modo tutto meccanico di concepire le leggi nuove ed antiche. M. Ampère nel dare alle sue il nome di *elettrodinamiche*, ha avuto in pensiero di distinguerle dalle antiche, le quali sarebbero, secondo l'opinione comune, *elettro-statiche*. Io non negherò che nello studio dell'elettricità si presentino delle vicende da considerarsi *idrostaticamente*, come sarebbe p. e. la distribuzione di quel fluido alla superficie de' corpi conduttori; ma dirò altresì che conviene guardarsi dal comprendere in tal classe le antiche attrazioni e ripulsioni elettriche, se egli è vero, come pur parmi, che esse dipendano direttamente da quel principio di movimento che regola le nuove. Un elettrometro riceve, p. e., un po' d'elettricità: le sue paglie si aprono subito, e restano così aperte per un certo tempo. Ecco una divergenza, dicono i frankliniani, dovuta piuttosto all' esercizio d'una *elettricità premente*, che al giuoco d'un' *elettricità in effettivo movimento*. Io invece ripeto quell' apparente ripulsione da quella stessa cagione che fa allontanare due delle correnti contrarie di M. Ampère. L'elettricità comunicata all' elettrometro discende nelle paglie: per tale discesa trovansi amendue convertite in un corpo positivo P (*Fig.* 49) il quale impiega un certo tempo a scaricarsi naturalmente nell'aria circostante. Dividiamo questo tempo in due epoche; l'una che dura que' pochi momenti spesi dalle paglie ad aprirsi; l'altra d' assai più lunga che dura tutto il tempo impiegato dalle paglie a

chiudersi. Ora dico io: sollecita è quella apertura perchè le prime porzioni d'elettricità che passano dalle paglie cariche in più all'aria ambiente non tardano a condensare nello spazio di mezzo M quel fluido che reagisce a modo di molla sui corpi da cui parte l'emissione (82). Tardo è poi il chiudersi dell'elettrometro; perchè dopo le prime rimesse lo stato elettrico delle paglie differisce sì poco da quello dell'aria attigua che se questo non può prendersi per un giusto equilibrio, va per altro considerato come una circostanza da non permettere che l'emissione continui che con una certa difficoltà.

Io m'era, in tal modo, persuaso della convenienza di ridurre ad un solo principio le due specie antica e nuova di attrazioni e ripulsioni elettriche quando mi cadde in mente il pensiero di sottoporre la vista fondamentale ad una prova non indegna forse del nome di decisiva. Se i fenomeni, diceva io, che i Frankliniani ripetono delle così dette *elettricità di pressione*, dipendono realmente da elettricità in effettivo movimento, si dovrebbe pure in qualche favorevol circostanza, conseguire da quell'elettricità in movimento taluno de' segni magnetici che si ottengono dalle correnti voltiane. Esposta quest'idea, non mi fermerò a raccontare gl'infruttuosi tentativi che feci sopra sistemi troppo debolmente elettrizzati; ma dirò a dirittura come la boccia di Leiden corrispondesse alla mia aspettativa.

Sia VV (*Fig.* 52) la grossezza del vetro della boccia; *pp* l'armatura interna che si carica al solito colla macchina elettrica; *nn* l'armatura esteriore che comunica col suolo mediante un filo *xy*, piegato spiralmente in AB all'oggetto di mettervi dentro un ago sottile di ferro o d'acciajo. Ora è da sapersi che bastano pochi giri del disco

della macchina a calamitare quell' ago. Ma chi lo calamita? — L'elettricità che scappa via dall'armatura esteriore *nn*, e passa, a modo di corrente, sulle spire della spirale AB. — Ma chi fa scappare quell' elettricità? — L'elettricità che la macchina versa sull' armatura interna *pp*. — Ma quest' elettricità versata come agisce ella sull' esteriore che fugge? — Agisce *per pressione* attraverso la sostanza isolante del vetro. — Sia: ma che cosa nasce da quella *pressione*? — Una corrente abbastanza energica da calamitare l'ago collocato dentro la spirale AB. — Dunque? . . . Dunque non si tratta d' una semplice pressione, ma d'un' azione, la quale comunque passi attraverso del vetro V V, comunica all' elettricità esteriore un movimento capace, sinchè dura, degli stessi effetti d' una corrente voltiana.

87. Chiusa così la digressione relativa al modo di conciliare gli antichi coi nuovi canoni d' elettricità, passerò a fissar le idee sopra di un esperimento troppo associato, nella dottrina di M. Ampère, al maneggio delle leggi elettro-dinamiche per non averlo a trascurare in una quistione qual si è la presente, consacrata in parte allo sviluppo che tali leggi ricevono nelle mani dell'illustre loro scopritore.

Questo fisico avendo piegato un conduttore rettilineo per modo da fargli fare un certo numero di picciolissimi giri tortuosi come si vede in P N (*Fig.* 53) trovò che questo conduttore così sinuoso produceva, ad una discreta distanza, gli stessi effetti come se fosse stato rettilineo; poichè una corrente mobile *p n* collocata in mezzo a due correnti contrarie ad essa, l' una sinuosa come la P N, e l' altra diretta come la P' N', non dava già segno di essere respinta più dall' una che dall' altra parte, ma se ne stava fra le due

in equilibrio. Questo risultato, come si vede, è di sua natura approssimativo, e tale ancora che si comprende assai facilmente osservando che l' influenza delle piccole tortuosità della corrente P N si perdono nell'ambiente a poca distanza del luogo dove esistono, in quella guisa che dei piccoli giri o vortici, che nascono in mezzo alle correnti visibili dell'acqua, si perde la traccia a breve distanza dal luogo dove si formano (23).

Due poi, come sanno i fisici, sono i servigj che l' esperimento delle correnti sinuose dovrebbe rendere a M. Ampère: l' uno di offrire al geometra gli elementi necessarj per determinare la legge matematica delle nuove attrazioni e ripulsioni elettriche (1), l'altro di autorizzare il meccanico ad estendere il principio della decomposizione delle forze al caso delle correnti elettriche in guisa tale da poter sostituire a qualunque piccola porzione rettilinea d'una corrente voltiana due o più correnti ad angolo, come si usa nella statica. Passerò sotto silenzio la non soverchia fiducia inspirata da una legge che fa capo ad un fatto di così vaga approssimazione siccome è quello delle correnti sinuose (*Fig.* 53); non dirò parimenti i sospetti che mi nascono dal vedere il principio rigoroso della decomposizione delle forze applicato a tutti i punti delle correnti voltiane sulla fede di un risultato approssimativo; tacerò, io dico, l'uno e l'altro motivo di dubbj, perchè ve ne ha, per quanto io credo, de' molto maggiori che compromettono la marcia teorica di M. Ampère.

---

(1) Si presume che sia la newtoniana, l'inversa cioè dei quadrati delle distanze.

88. Per dare una prova di quest' asserzione indipendentemente da tutti i passi che ci hanno condotto sin qui, prenderemo di mira i giri continui del conflitto elettro-magnetico coll'idea di vedere come M. Ampère applichi le sue leggi a questa specie caratteristica di fatti. Suppongasi, p. e., che si tratti di spiegare l'esperimento di Faraday (*Fig.* 38), il giro cioè che il conduttore mobile P*p* fa d'intorno al polo N della calamita N S. Il fatto prova che quando la corrente discende per P*p*, il giro di cui si parla si fa secondo la traccia *p' p'' p'''*, vale a dire contro il verso della circolazione magnetica *abcd*. Onde ciò secondo M. Ampère? = È questo, dic' egli, un corollario delle prime due leggi elettro-dinamiche, il quale si dimostra nel seguente modo.

Sia AB (*Fig.* 54) una corrente fissa, e P*p* una corrente mobile, diretta a perpendicolo sulla AB. Prendansi, alla stessa distanza del punto *p* due porzioni *mn*, *m'n'* egualmente piccole; e sopra di esse si costruiscano i triangoli rettangoli *mon*, *m'o'n'*. In grazia dell'esperimento delle correnti sinuose, è permesso di supporre che la corrente P*p* vada da *m* in *n* per la via dei due lati *mo*, *no*: lo stesso motivo autorizza a sostituire le correnti *m' o'*, *o' n'*, alla porzione *m' n'* della corrente A*p*. Ma i lati *o n*, *o' n'* sono paralleli e percorsi da correnti che vanno per lo stesso verso. Cadono dunque sotto il dominio della prima legge, e s' attraggono. Sugli altri due lati *mo*, *m' o'* *le correnti vanno per verso contrario, e qualunque sia l' azione che eserciti ciascuna delle due, è distrutta dall' altra*. Non resta dunque d' efficace che l' attrazione de' lati *o n*, *o' n'*. Ciò posto si applichi il discorso tenuto sulle piccole porzioni *mn*, *m' n'* a tutte l' altre parti delle correnti P*p*, A*p*, e si conchiuderà che queste correnti si attraggono nella loro totalità.

Istituendo un ragionamento analogo sul ramo pB si trova che le correnti Pp, pB, si respingono. Qual sarà dunque il movimento che la corrente Pp prenderà sotto l'azione combinata dei due rami Ap, pB? Attratta dal primo, e respinta dal secondo si dirigerà da p verso di A, contro cioè il verso della corrente Ap; conforme all' esperimento citato in esempio (1). =

89. Questa dimostrazione dà luogo a diverse osservazioni. La prima, ch'egli è ben vero che i lati mo, $m'o'$ sono percorsi da correnti eguali e contrarie, e che le azioni eguali e contrarie si distruggono quando sieno applicate, come si suppone quasi sempre nella statica, allo stesso punto materiale, o allo stesso centro di gravità d'un sistema invariabile; ma che questo non è punto il caso di cui si tratta. AB, Pp sono due conduttori distaccati l'uno dall'altro, e tali di loro natura da obbedire a qualunque potenza che agisca sopra di loro. L' ammettere quindi che le correnti o forze mo, $m'o'$ eguali e contrarie non abbiano a movere que' conduttori, è lo stesso, a mio avviso, di supporre che due corpi distaccati deggiano rimanere al loro posto, benchè animati da forze, le quali agendo in direzione contraria tendano o ad avvicinarsi od a separarsi sempre più.

Aggiungerò inoltre che non credo si possa ritenere nullo l'effetto delle due correnti contrarie mo, $m'o'$ senza violare lo spirito della seconda legge la quale c' insegna che *le correnti parallele e contrarie si respingono*. E così penso io, perchè suppongo che niuno s' avviserà di re-

(1) *Bibl. univ.* T. XX. Juillet et Septem. 1822.

clamare, pel caso speciale di cui si ragiona, un' eccezione, dicendo che la legge contempla le sole combinazioni, nelle quali le correnti contrarie si guardano più o meno di fronte, e non già l'altra dove le correnti si trovano amendue, come le $m\,o$, $m'\,o'$, sulla medesima linea. Ed infatti a chi ponesse in campo una tale pretensione, si risponderebbe che non solo per *legge di continuità* il caso delle correnti $m\,o$, $m'\,o'$ appartiene alla classe delle correnti parallele; ma di più che basta rimpiazzare quelle due correnti $m\,o$, $m'\,o'$ colle quattro $m\,q$, $q\,o$, $m'\,q'$, $q'\,o'$ per riconoscere l'errore in cui si cadrebbe ad escludere quel caso particolare dalla regola generale. Le due correnti $m\,q$, $q'\,o'$ sono parallele, e contrarie come lo sono le altre due $q\,o$, $m'\,q'$: vi ha ripulsione in ciascheduna coppia, e questa ripulsione è quella delle diagonali $m\,o$, $m'\,o'$.

Rifletteremo infine che se fosse giusto il metodo di Ampère ne verrebbe, che la corrente mobile Pp (*Fig.* 55) supposta fissa in P, dovrebbe per la sola azione della corrente rettilinea AB girare continuamente d'intorno al punto P dalla parte $pp'p''p'''$ (1). È questo un corollario della dottrina amperiana ben noto ai fisici, e che si può riscontrare da chicchessia replicando il discorso, eseguito sulla Pp perpendicolare ad AB (88), alle posizioni Pp', Pp'', Pp'''. Io non so quale impressione possa aver fatto sull' animo altrui una conseguenza così singolare; ma so bene, che niente meno d'un esperimento senza replica avrebbe potuto convincermi della possibilità di un giro, qual si è il $pp'p''p'''$, non sola-

(1) *Bibl. univ.* T. XX. Septem. 1822.

mente contrario al verso della causa motrice per chiunque vegga sul conduttore AB una corrente che marcia da A in B, ma eziandio in manifesta contraddizione colle nuove leggi elettro-dinamiche, le quali riunite in corpo portano alla sola indispensabile conseguenza, che le correnti elettriche comunque disposte tendono a volgersi dalla istessa parte e confondersi insieme (78).

90. Queste obbjezioni colpiscono egualmente la dottrina d'Ampère, sia che si voglia stabilirla sulla circolazione a giri concentrici, o sulla circolazione molecolare da lui preferita. Quest'ultima per altro, oltre alle difficoltà dichiarate nella I. questione, ne strascina seco una nuova; ed è che mentre il giro eseguito sulla parte esteriore delle molecole *b, a, a* . . (*Fig.* 10) tenderebbe a far girare il pendolo di Faraday da una parte, il giro interno contrario al primo tenderebbe a imprimergli il movimento opposto: ond' esso non potrebbe acquistare altra velocità, che quella dovuta alla differenza, che passa fra l'azione de' giri esteriori e l'azione de' giri interiori. Ma questi due giri non sono dessi egualmente veloci, e per l' impercettibile intervallo che li separa, applicati alla medesima distanza del filo P*p* (*Fig.* 38)? Dunque come mai questo conduttore potrebbe egli girare per una differenza di forza che è fisicamente nulla? per una differenza già riconosciuta tale dallo stesso Ampère in una circostanza assai meno delicata, quella delle correnti sinuose (*Fig.* 53) ove l' azione combinata di tutti i movimenti retrogradi resta elisa dall' azione di altrettanti movimenti progressivi? . . .

91. La più gran parte di queste riflessioni era già stesa quando mi pervenne il fascicolo di Settembre (anno 1822) della *Biblioteca universale* il quale oltre alle belle ed interessanti esperienze

di M. De La Rive sul magnetismo terrestre (1), ne comprende una graziosa di M. Ampère destinata ad un oggetto, che ha strettissima relazione colla presente analisi, e che però riferiremo in questo luogo con alcune annotazioni. Cominciamo dall' esperimento.

Si prende un piatto ABCD (*Fig.* 56), e si divide in due compartimenti eguali ABC, ADC con una tramezza AC. Indi si versa del mercurio nelle due divisioni, e sul mercurio si colloca un filo di ottone *mnpqrs* piegato in forma di ferro da cavallo, e ricoperto di seta sin presso all' estremità *mn*, *rs*, le quali si lasciano nude, e si fanno pescare un poco nel mercurio, mentre i rami *np*, *qr* vi galleggiano sopra parallelamente alla tramezza AC. Ciò preparato si pone il mercurio dei due compartimenti ABC, ADC in comunicazione coi poli di una pila, e si osserva che il filo *mpqs* rincula verso C, qualunque sia la direzione della corrente voltiana.

Ma d' onde viene un tal rinculo? Nasce secondo Ampère dalla *proprietà che due correnti dirette per lo stesso verso e giacenti sulla medesima linea hanno di respingersi* (2).

Ma chi stabilisce una tale proprietà? Il calcolo applicato alle leggi elettro-dinamiche.

Mi guarderò bene dal pronunciare giudizio sui lavori analitici di M. Ampère, che conosco appena per quel poco che ne dicono alcuni giornali scientifici; ma nemmeno per questo dissimulerò la sorpresa che nasce in me dal vedere annunciata, come risultamento di calcolo, una proprietà che

(1) Se ne parlerà dettagliatamemte nella questione relativa al magnetismo terrestre.

(2) *Bibl. univ.* Septem. 1822.

mi sembra inconciliabile coi principj che servono di base al calcolo medesimo. Ed infatti la prima delle leggi elettro-dinamiche porta, che le correnti parallele, e marcianti per lo stesso verso *si attraggono*; e poi si vuole, che queste stesse correnti *si respingano*, quando sono situate sulla medesima linea: quasichè questo caso non fosse compreso in quella prima legge, come appunto nella seconda è compreso il caso delle correnti direttamente contrarie *mo*, *m'o'* (*Fig.* 54).

92. Da altra parte osserverò che l'esperimento del piatto ABCD (*Fig.* 56) non mi sembra dipendere da veruna delle nuove proprietà elettrodinamiche: esso si spiega cogli ordinarj principj d'elettricità, e precisamente come si spiega il giuoco del *molinello elettrico*. Ognuno infatti conosce questo molinello (*Fig.* 57), e sa come giri quando comunica con una macchina elettrica in azione: gira dalla parte *abcd* sia che le punte *a*,*b*,*c*,*d*, offrano nel *fiocco* il segno dell'elettricità positiva, o nella *stelletta* il segno della negativa. Ora se queste punte rinculano tanto nel ricevere, come nell'emettere l'elettrico, è cosa ben naturale, che abbiano a rinculare anche le punte *nm*, *rs* (*Fig.* 56) dell'arco *mpqs*: le quali punte si trovano infine l'una nel caso della *stelletta*, e l'altra nel caso del *fiocco*: nel caso della stelletta, la punta che riceve dal mercurio, in cui pesca, l'elettricità, che il polo positivo della pila vi versa sopra; nel caso del fiocco, l'altra punta, che sparpaglia sul mercurio del secondo compartimento l'elettricità ricevuta dal primo. Laonde per sapere in ultima analisi, il motivo per cui, sotto l'azione voltiana il conduttore *mpqs*, si va ritirando verso C, basterà il dire, che una delle due punte, *la negativa*, rincula sotto la spinta, che riceve a dirittura dal fluido, che confluisce ad

essa; e che l'altra punta, *la positiva*, rincula per la reazione, ch'essa soffre all'atto in cui sparpaglia sulla superficie del secondo scompartimento l'elettrico che le arriva per la via angusta del filo *mpqs*.

Del resto giova rammentare che un altro geometra istituì, prima di M. Ampère, un esperimento analogo a quello del piatto ABCD (*Fig.* 56). I fisici già s'accorgeranno ch'io intendo di parlare dell'elice di M. Savary. Preparò quest'illustre dotto una spirale *p p' p''* (*Fig.* 58) ben piana e ben mobile intorno ad un asse verticale *p*P: indi immersa l'elice in un vaso pieno d'acqua acidula, mise quest'acqua, e l'asse della spirale in comunicazione coi poli d'una pila. Compiuto così il circuito vid'egli che la spirale girava intorno al suo asse dalla parte *p'' p' p* (1). È questo un molinello da una sola punta, che gira in mezzo all'acqua in cui pesca, come fa in mezzo all'aria, ciascuna delle quattro ali del molinello ordinario *abcd*. (*Fig.* 57).

93. Crederei superfluo di trattenermi più oltre sulla tendenza che hanno al rinculo le punte comunque elettrizzate. Piuttosto non sarà opera del tutto perduta quella di riferire l'esperimento col quale mi sono assicurato della marcia che tengono le correnti voltiane sopra un circuito composto, parte di conduttori sottili, come l'*mpqs* della figura 56, e parte di conduttori a larga superficie, come il mercurio dei due compartimenti ABC, ADC.

Sopra un piatto orizzontale di legno, traversato nel suo mezzo da un filo verticale di metallo PN (*Fig.* 59), verso uno strato di mercurio

(1) *Bibl. universelle.* T. XX. Juillet. 1822.

M M', e poste le estremità P, N in comunicazione coi poli *zinco*, e *rame* d'un elettromotore, fo passeggiare orizzontalmente al di sopra della superficie *ss* un ago magnetico appeso ad un sottilissimo filo di seta. Quest'ago devia dalla sua direzione ordinaria *sud-nord* in qualunque punto della superficie *ss*; e le sue deviazioni si riscontrano tali, quali convengono a correnti che partono dal centro *p*, e si dirigono a modo di altrettanti raggi verso la circonferenza del piatto. La superficie inferiore *ii* opera, sull'ago, i movimenti inversi, come è facile d'assicurarsi invertendo i poli della pila. Così è; e così debb'essere perchè la corrente elettrica non va per la via diritta PN: essa batte il cammino delle superficie, ed appena giunta in *p* si sparpaglia a raggi sulla superficie *ss*, volta sull'orlo M, M' e marciando sulla superficie inferiore *ii* dalla circonferenza al centro si riunisce in *n* dove trova il filo *n*N, che la conduce al polo negativo della pila.

In quest'esperimento la simmetria, colla quale sono disposti i fili P*p*, *n*N rispetto al bagno di mercurio, fa sì, che la corrente dell'elettromotore si diffonda uniformemente sulle superficie *ss*, *ii*. Ma una tale eguaglianza cessa al momento in cui la corrente sgorga fuori del mercurio da un punto diverso dal centrale *n*. Fate, p. e., che la corrente esca in *n'* (*Fig.* 59 *bis*), e troverete, coll'ago magnetico di prova, sulla retta, che congiunge i punti d'ingresso e d'uscita *p*, *n'*, un filone di corrente assai più energico che non sono tutti gli altri che si rendono per vie più lunghe allo stesso punto di concorso *n'*.

94. Non è dunque, per le correnti voltiane, indifferente ogni via, nemmeno sulle superficie delle sostanze meglio conduttrici. La via più corta è in ogni caso quella, che loro conviene

di più. È questa una particolarità che io ho voluto notare non tanto per la necessità, in cui si trova il fisico d'avervi riguardo in quegli esperimenti, ove interessa di seguire la marcia delle correnti voltiane sulle superficie de' conduttori a larga superficie, quanto per un altro motivo; ed è che il marciare delle correnti elettriche dritto più che possono al luogo del loro sfogo, è una *nuova* evidentissima prova da aggiungersi alle tante altre che si hanno, che l'*elettricità segue in tutti gli accidenti le leggi generali dei fluidi.*

Senza dubbio queste leggi non si prestano al calcolo così facilmente, come fanno i canoni *astratti* di M. Ampère. Ma che perciò? Nulla al certo di svantaggioso pel metodo che abbiamo seguito sin quì, se desso arriva a scoprire il giusto meccanismo de' fenomeni; perchè questa è la cognizione che importa più d'ogni altra ed a cui il fisico non può rinunciare senza compromettere l'interesse della scienza, il quale esige che prima di venire alla misura de' fatti, si fissi il modo con cui si eseguiscono. Del resto io tengo in così alto pregio le esperienze e prime deduzioni di M. Ampère, ch'io le colloco a lato de' lavori dell'Inventore della pila. E di fatti a chi mai, se non a lui, era riserbata la gloria di trarre dal trovato d'Oersted un profitto non minore di quello che Volta trasse dalla scoperta di Galvani? Nè veggo in questo confronto, che una sola disparità dal canto dei due precursori; ed è, che il solo azzardo scoprì a Galvani i segni di vita, che una rana, benchè estinta, manifestava all'atto di toccarla con certi pezzi di metallo, mentre fu la meditazione che suggerì ad Oersted il felice pensiero di sperimentare un ago magnetico al dissotto d'una corrente elettrica.

VI. QUESTIONE

Sugli spigoli delle calamite.

95. Tutti sanno che la limatura di ferro corre di preferenza alle parti acute che alle piane delle calamite; ma quale è il motivo di così singolare propensione? d'una tendenza così decisa che sul piano delle faccie, o non rimane ombra d'irraggiamento, o qualche raggio unicamente che appena scosso si trasferisce allo spigolo più vicino?

96. Dopo aver lungamente meditato su questa singolarità ho dovuto convincermi che esiste realmente una forza la quale spazza, per così dire, i raggi magnetici dal mezzo delle faccie e li riduce tutti quanti agli spigoli. A queste parole i Meccanici non tarderanno ad accorgersi che la forza a cui intendo d'alludere, appartiene alla classe delle *centrifughe* inerenti ad ogni specie di rotazioni. Ad onta di tutti i dettagli in cui entrammo nella II. questione si avrebbe torto a credere che nulla rimanesse ad aggiugnere agli accidenti descritti in quel luogo dove si suppose tacitamente che la massa di fluido magnetico facesse i suoi giri l'uno sopra dell'altro come se non avesse ad obbedire alla forza centrifuga che ne caccia i diversi strati dall'asse di rotazione alla circonferenza. Si soccorra l'immaginazione col solito esempio dell'acqua che gira in un vaso; e si vedrà come la forza centrifuga sollevi il liquido alle sponde, e lo disponga secondo una certa curva xmx' (*Fig.* 61). Turbato così il naturale livello, l'acqua viene a formare altrettante colonne le quali premono gli strati inferiori con forze che vanno calando dalle pareti al centro in ragione delle differenti altezze. Tale diversità di pressioni determina il liquido, innalzato alle spon-

de dalla forza centrifuga, a discendere lungo le pareti del recipiente e ritornare al centro, per le vie xyz, $x'y'z'$ (1).

97. Passando adesso dalla descrizione di questo movimento a quello che debbe aver luogo dentro i vasi magnetici, si dirà; il fluido magnetico gira dentro le calamite, e nel girare scappa dall'asse di rotazione verso le pareti del proprio recipiente. Quivi si condensa: nell'asse invece si dirada. Di là dunque si verserà a questo luogo di rarefazione. Ma delle due bocche aperte per riceverlo, quale sarà la preferita? Serviranno egualmente a quest' uffizio, poichè ogni metà del vaso magnetico si trova egualmente disposta a rinnovare dentro di se il movimento xyz, $x'y'z'$ della figura 61.

98. Molte sono le riflessioni che nascono alla vista del modo, con cui le circolazioni magnetiche deggiono perpetuare, secondo i principj di meccanica, il loro giro dentro i vasi che le contengono. Per cominciare da quelle che interessano più da vicino il soggetto della presente questione osserveremo;

1.° Che dentro una verga calamitata, di forma p. e. quadra, come indica la sezione A B C D (*Fig.* 60), la prima operazione eseguita dalla forza centrifuga della circolazione *abcd* si è di comprimere e condensare, quanto più può, contro i quattro spigoli il fluido che si trova nei cantoni A, B, C, D;

---

(1) Si rende sensibile questo movimento collo spargere un po' di sabbia sul fondo del vaso. La sabbia, mentre l'acqua è in giro, corre dalla circonferenza del fondo al centro o dove si raccoglie in un sol mucchio e forma una specie di monticello come si conviene al corso delle colonne discendenti xyz, $x'y'z'$.

2.° Ch'egli è in virtù di questo condensamento che gli spigoli acquistano un potere magnetico così superiore a quello delle parti piane ove il fluido circolante conserva una densità molto minore. È cosa infatti evidente che il magnetismo debba crescere, *caeteris paribus*, in ragione della densità del fluido che lo genera.

3.° Che se gli spigoli chiamano a se i raggi magnetici che possono rimanere sparsi qua e là sul piano delle faccie, questo dipende dall'essere que' raggi appoggiati sopra un luogo che li attrae di meno che non fanno le parti più vicine agli spigoli. Non vi è che l'attrito il quale possa trattenere que' raggi dal correre, dal sito dove si trovano, allo spigolo più vicino. Purchè le faccie sieno sufficientemente levigate, e la calamita d'una certa energia, si vince con pochissimo una tale resistenza: basta a tal uopo il più leggero scotimento, come si accennò sin da principio (95).

4.° Infine che come tutto questo è conseguenza della circolazione *in massa*, così non lo sarebbe punto della circolazione *molecolare* di M. Ampère (*Fig.* 10); perchè i piccioli giri esistenti sopra le molecole di ciascheduno strato non tendono punto ad accumulare la loro azione sugli spigoli del sistema. Prendasi un centinajo d'aghi da cucire; se ne faccia un mazzo di forma quadra, o se vuolsi triangolare, per avere degli spigoli più acuti. Si pareggi bene l'estremità ch'è meglio suscettiva di quest'operazione, quella cioè a cui si faranno rispondere i fondi di tutti gli aghi da cucire. Si calamiti in seguito questo fascio: poscia si tuffi, dal lato della superficie piana, dentro un mucchio di limatura di ferro, e si vedrà che questa vi si attacca in modo da rinvenire sugli spigoli que' soli fiocchi che spettano a ciascuno degli aghi del fascio. Quest'

esperimento non ci sembra meno decisivo degli altri che si riferirono nella prima questione (1).

99. Tali sono le considerazioni che sciolgono a parer mio le difficoltà relative alla forza straordinaria degli spigoli delle calamite. Vorrei sperare che i fisici convenissero meco dell' importanza non meno di quest' anomalia, che del risalto che acquista per essa il metodo tutto meccanico che la spiega così esattamente. Vorrei parimenti credere che niuno fosse per incolparmi d' avere tardato di troppo a svolgere tutto il movimento che il meccanico ritrova dentro ai sistemi calamitati. A che difatti avrebb' egli servito il pensiero di notare in qualcuna delle prime questioni ciò che accade in grazia della forza centrifuga dovuta alla circolazione interna delle calamite? A null' altro se non che a distrarre la mente de' leggitori dalla legge generale dell' irraggiamento magnetico, la

(1) Il fascio d' aghi serve a dimostrare un' altra verità relativa al giuoco de' giri molecolari di M. Ampère. Un ago finissimo ben calamitato ha i suoi poli presso che all' estremità dell' asse. Un fascio quindi composto d' un grandissimo numero di questi aghi rappresenta abbastanza bene la calamita di M. Ampère. Ora questa calamita, quantunque formata d' elementi, che hanno individualmente i proprii poli collocati all' estremità, dovrebbe, secondo M. Ampère, chiamare que' poli verso il centro; per la ragione, dice egli, che i giri esistenti nelle molecole degli aghi esteriori deggiono alcun poco voltarsi in grazia dell' azione (parte attrattiva e parte ripulsiva) che esercitano su loro tutti gli altri giri (*Bibl. Univ.* Tom. XX. pag. 109 et suiv.) = Io potrei dire che non veggo di certo in questi giri che un solo genere d' influenza, quello di distruggersi l' un l' altro (11). Ma non si replichi quel che si è detto un' altra volta: si aggiunga piuttosto che i poli d' una moltitudine di aghi uniti in un sol mazzo non s' avanzan punto verso il centro, come pur dovrebbe accadere, se fosse vero il meccanismo ideato da M. Ampère.

sola che conveniva sviluppare per comprendere l'azione reciproca delle calamite e gli accidenti tutti del conflitto elettro-magnetico.

100. Non bisogna per altro dissimulare che sebbene il giuoco delle forze centrifughe conduca necessariamente a veder dentro le calamite un fluido che ritorna all'asse per la via delle regioni polari; pure non si è sinora riferito alcun fatto che confermi direttamente quel risultato. Le conseguenze teoriche per quanto sieno ben dedotte, non ispirano mai quel grado di confidenza che inspirano le prove di fatto. È questa una verità di cui sento la forza al pari de' fisici più riservati. Nel vaso d'acqua della figura 61 vi ha la polvere del mucchio *o* che indicherebbe il ritorno xyz, $x'y'z'$, quand'anche non si potesse seguirlo coll' occhio ajutato dalla presenza di corpuscoli colorati sparsi nella massa del liquido in rotazione. Ma nel caso de' vasi magnetici come assicurarsi dell'accidente analogo? La ricerca è difficile e delicata più assai di quel che può sembrare a prima vista; nè io saprei per ora addurre prova migliore di quella che somministra il fatto de' poli magnetici situati sempre un tantino al di dentro delle estremità delle calamite. È questa, come sappiamo, una conseguenza delle circolazioni fusiformi, a cui l' esperienza c' insegna doversi assomigliare quelle che si compiono dentro i vasi magnetici (8). Ora ciò che suggerisce l'analogia, viene a dirittura indicato dal principio, che un fluido qualunque non può girare in massa dentro una certa capacità senza ritornare in qualche modo all'asse di rotazione. Sia pure ben cilindrico il vaso magnetico, e le forze impiegate a mettere in circolazione il fluido contenuto là dentro, siano pure applicate in modo da agire con egual forza dall' un capo all' altro; come

accade p. e. allorchè il cilindro da calamitare occupa l'asse d'una spirale voltiana di forma cilindrica: avremo con ciò fatto tutto il possibile per conseguire una circolazione cilindrica; ma nemmeno per questo essa tralascierà d'essere *fusiforme*; perchè non è possibile d'impedire al fluido degli ultimi giri di rovesciarsi sull'asse di rotazione.

101. Non ci mancheranno in appresso occasioni da avvalorare l'idea di questo meccanismo; ma qui non conviene aggiungere che una sola riflessione, ed è che qualunque siasi il sistema di circolazione che si vorrà adottare per la scienza del magnetismo, bisognerà in ogni caso supporre un tale sistema esente da quelle resistenze che soglionsi considerare nel movimento dei fluidi ponderabili. L'acqua p. e. che gira dentro d'un vaso perde a vista d'occhio il suo movimento, in grazia della propria viscosità e dell'attrito che soffrono le sue molecole contro le pareti del recipiente. Ora questo è ciò che non può presumersi nelle circolazioni magnetiche le quali per rispondere ai fenomeni del magnetismo permanente deggiono poter continuare anni ed anni senza diminuire sensibilmente. Vi ha senza dubbio anche del magnetismo *passeggiero* da contrapporre al magnetismo *permanente*; ma quello stato precario si dovrà, come vedremo in appresso, attribuire a tutt'altra cagione che al principio delle resistenze ordinarie. Quì poi si è voluto far parola della libertà che bisogna in ogni caso accordare ai giri del magnetismo, per non passare ad altro argomento prima d'aver avvertito l'incongruenza in cui si cadrebbe a privare que' giri, così liberi nel loro corso, della facoltà d'obbedire alla forza centrifuga della rotazione.

VII. QUESTIONE

Sulle parti centrali delle spirali elettriche.

102. Sia che si sparga della limatura di ferro sopra una spirale piatta PN (*Fig.* 62) o sulle basi d' una spirale cilindrica, si osserva in ogni caso che quella limatura non si dispone a raggi che sulle parti centrali, e che tali raggi riescono appunto tanto più folti e distinti quanto più sono vicini all' asse di tutte le spire. Questo fatto prova evidentemente che l' influenza magnetica delle spirali voltiane segue l' ordine inverso di quello che abbiamo or ora riscontrato sulle calamite ordinarie: in queste ultime sono gli spigoli, le parti cioè più lontane dall' asse di rotazione che si coprono d' un irraggiamento più ricco; nelle prime, le parti invece le più vicine.

Questa differenza merita attenzione per più motivi; ma particolarmente perchè presta l' occasione di fissare una volta per sempre il criterio che distingue il magnetismo ordinario dal magnetismo elettrico. Una calamita ordinaria può a tutto rigore assomigliarsi ad un vaso pieno di un fluido, il quale vi giri dentro senza cangiarsi mai e sempre in modo da passare dall' asse di rotazione alle pareti del recipiente, e dalle pareti all' asse, conforme ai soliti principj d' Idrodinamica. Al contrario la similitudine del fluido che gira in un vaso non regge, per le spirali le più compatte, che modificata giusta la condizione che obbliga le correnti elettriche a battere la via metallica delle spire, isolate le une dalle altre per mezzo della seta che le ricopre tutte quante.

103. Ma per non assegnare a questa condizione che il suo giusto valore, s' immagini accanto della spirale piatta PN (*Fig.* 62), una serie *pn* d' a-

nelli concentrici, formati dello stesso filo ond' è composta la spirale; e si supponga che ciascun di loro serva di conduttore ad una corrente elettrica che marci egualmente veloce di quella che un elettro-motore qualunque può mantenere sulle spire della spirale PN. Supposto in seguito che gli anelli *pn* sieno eguali in numero ed in circuito alle spire PN, si vede che l'uno e l'altro sistema eserciteranno al di fuori gli stessi gradi di magnetismo, essendo per quest'esercizio nulla o ben poco da valutarsi la circostanza che le correnti circolari rientrino esattamente in se medesime come accade sui supposti anelli *pn*, oppure si schivino un tantino come avviene sulle spire PN. Ma se non vale la pena di aver riguardo a questa differenza, importa bene di non confondere il giro che si fa sugli anelli *pn*, col giro che si fa da una massa fluida entro d'un vaso; perchè gli strati di questa massa appena cominciano a girare che obbligati come sono ad obbedire alla forza centrifuga, si gettano dall'asse della rotazione alla circonferenza: movimento di fuga che manca del tutto sui sistemi elettrici PN, *pn* in virtù della condizione che limita il corso delle correnti elettriche alla superficie dei conduttori metallici. La distinzione dunque da stabilirsi fra il magnetismo delle calamite ordinarie, e il magnetismo delle spirali voltiane può ridursi a questo grado di semplicità, a dire cioè che il primo deriva da correnti circolari che obbediscono alla forza centrifuga, mentre il secondo nasce da correnti che si posson bensì considerare di forma circolare, ma non mai tali da obbedire alla suddetta forza centrifuga.

104. I nostri leggitori argomenteranno subito da questo criterio l'inutilità degli sforzi di chi cercasse con una, o più spirali P′ N′ di forma qua-

drangolare, d'imitare il magnetismo degli spigoli delle calamite ordinarie; ma forse non vedranno ancora con eguale evidenza il motivo per cui l'irraggiamento magnetico debba sulle spirali piatte PN essere al più alto grado sul centro e via via sempre minore dal mezzo in poi. Per comprendere questa gradazione bisogna riflettere a due circostanze. La prima che la limatura di ferro sparsa sul mezzo della spirale P N si drizza a raggi non solamente fra una spira e l' altra ma sul dorso ancora delle spire medesime: prova evidente che l'irraggiamento di cui si parla dee più che dal corso delle correnti sottoposte, ripetersi dal modo con cui queste stesse correnti esercitano la loro azione al di fuori. Ed in realtà la limatura di ferro che serve all' esperimento, non poggia sulla superficie metallica delle spire, ma sulla seta che le ricopre; onde la causa immediata del fenomeno consiste nell'elettricità dell'ambiente strascinata in giro dalla corrente voltiana che percorre tutte quelle spire. La seconda circostanza poi da considerare è che questa elettricità circostante forma una sola massa, un sistema cioè che quando gira d' intorno ad un asse tende a compiere i suoi giri esteriori nello stesso tempo che gl' interni. Supponiamo che questa legge si verificasse esattamente nella colonna d'elettricità *ss's's* che insiste perpendicolarmente sulla spirale piatta P N. Le velocità dei giri concentrici crescerebbero in allora dal centro alla circonferenza in ragione aritmetica, e si rappresenterebbero geometricamente col mezzo delle ordinate *mo*, *m'o'*, *m''o''*... ad una linea retta *cs'*. Le differenze *o' d'*, *o'' d''*... prese fra ordinate egualmente distanti sarebbero eguali, così fatte cioè da drizzare sulla base PN un irraggiamento magnetico egualmente ricco dal centro alla circonferenza. Ciascuno infatti di que'

raggi risponderebbe ad un giro di consenso *abcd* (*Fig.* 17, 18) che sarebbe lo stesso per tutte quante a cagione dell' eguaglianza delle forze $o'd'$, $o''d''$... (*Fig.* 62) impiegate a generarli (27). Ma non è questo precisamente il caso che si verifica nella colonna d'elettricità $ss's$, la quale non finisce alle linee verticali ss', ss', ma si estende da una parte e dall' altra indefinitamente. Il movimento rotatorio che essa concepisce in grazia della sua comunicazione coi giri voltiani della spirale P N, si diffonde alle parti, e nel diffondersi tutta la massa acquista un moto più lento (1). La scala quindi delle velocità che terminava alla linea retta ss', s'incurva in otu, e dà luogo ad un irraggiamento magnetico, il quale scema, insiem coi gradi della scala, dal centro alla circonferenza.

105. Del resto per seguir la generazione di un tale irraggiamento, è così giusto di passare dalla corrente incanalata sul conduttore spirale all' elettricità dell' ambiente, è così giusto, dico di far questo passaggio, che la limatura di ferro sparsa sulla spirale quadra P' N' (*Fig.* 62) si drizza a raggi come sulla spirale rotonda PN, senza cioè conservare in se verun indizio sensibile della via

(1) Egli è nel fissare l' idea di questo movimento in massa d' intorno al centro delle spirali piatte, che m' accorsi dell' errore in cui si cadeva a ritenere stabile l' asse delle circolazioni elettro-magnetiche (vedi il N. 45). S' immagini p. e. una di siffatte circolazioni sopra una spirale cilindrica, e si vedrà dentro e fuori di questo sistema l'elettricità dell' ambiente obbligata a girare d' intorno ad un asse il quale si manterrà nel mezzo della spirale sinchè questa sarà sola nello spazio che si considera; ma che piegherà a seconda de' casi ogni qualvolta la massa di fluido a cui appartiene, cadrà sotto l' influenza d' altri sistemi di circolazione.

quadrangolare seguita dalla causa motrice. Ma vi ha molto di più; perchè non manca il modo di verificare, con un esperimento diretto, la legge delle velocità indicata all'occhio col mezzo della curva *ctu*. Si pianti sul piano della spirale PN, nei luoghi marcati 1, 2, 3, 4, 5, 6 . . . , una fila d'aghi non calamitati. Indi, per conseguire degli effetti più sensibili di quelli dovuti all'azione di una corrente voltiana, si faccia passare sulle spire del conduttore PN una scarica elettrica. Dopo di questo si troverà sugli aghi piantati in 1, 2, 3, ... un magnetismo decrescente al segno di rovesciarsi prima di giungere agli aghi esteriori 5, 6. Il punto del rovescio risponde alla massima elevazione *t* della curva *ctu*. Quivi la differenza fra le ordinate della curva si riduce a zero; e nullo per conseguenza è anche il magnetismo di consenso dovuto all'eguaglianza delle correnti rappresentate da quelle medesime ordinate. L'esperimento non lascia, per quanto mi pare, nulla da desiderare. Perchè dunque, sclamerà il leggitore, non riferirlo prima? Perchè, risponderò io, mi è stato suggerito dalla dottrina dopo tutte l'altre osservazioni (1).

106. Dopo tutto questo non resta che a ricordare la specie di maglia elettrica XY (*Fig.* 14) per liberarci dalla promessa che facemmo sul finire della prima questione (13). Noi vedemmo in quel luogo che mentre la spirale ordinaria *rz*

---

(1) Le spirali cilindriche esperimentate come la spirale piatta PN conducono agli stessi risultati. Varia unicamente la posizione del punto *t*, il quale passa dal di dentro al di fuori delle spire. Ciò non vuol dir altro se non che la scala delle velocità *ctu* decresce più rapidamente sulle spirale piatte che sulle cilindriche.

presentava nel mezzo delle sue faccie un polo magnetico che cresceva di forza, coll' aumentare il numero delle spire, la maglia elettrica XY offriva tanti poli quanti erano i suoi anelletti *m, m, m* . . . debolissimi tutti e tali in ogni caso che l'uno non contribuiva punto a crescere il magnetismo dell' altro. Quest' osservazione che rimase in allora senza interpretazione, ora si spiega assai facilmente, ponendo mente all' azione che esercitano le due specie di circolazioni sull'elettricità dell' ambiente. Tutti infatti i giri concentrici della spirale ordinaria *rz* tendono allo stesso scopo, ad imprimere cioè nella massa d' elettricità con cui comunicano, un tal movimento di rotazione, che andrà naturalmente crescendo col crescere della causa motrice, che vale quanto dire col numero de' giri della spirale voltiana. Non così gli anelli della maglia XY: ciascuno di essi (vedi i cerchietti *a, a, a*..., *b*.... della figura 10) imprime nel fluido in cui pesca, un movimento il quale invece di crescere tende a scemare per l'influenza dei giri circonvicini, i quali si lambiscon tutti, a due a due, con correnti contrarie l' una all' altra. In una parola l' azione che i piccoli giri della maglia XY esercitano sull' elettricità dell'ambiente, non è, per l' effetto, diversa da quella che eserciterebbero nell' acqua d' un vaso una moltitudine di piccoli giri, o vortici che si facessero alla di lei superficie. Alla più piccola profondità l'acqua sarebbe così tranquilla, come se il suo strato superiore non fosse in preda all'immaginata farragine di ristrettissimi giri. Ma se la forza impiegata in tanti giri che tendono a distruggersi l' un l' altro, fosse distribuita sopra uno o più giri concentrici, in allora la massa d' acqua concepirebbe un movimento di rotazione ben deciso che si estenderebbe sino ad una certa

profondità. Tale è il confronto che rende ben chiaro il motivo per cui la circolazione molecolare di M. Ampère, così grossolanamente imitata sulla maglia elettrica XY, non può in grazia della nullità fisica de' suoi effetti rispondere alle viste dell' illustre geometra che l'immaginò.

VIII. QUESTIONE

Sulla luce del magnetismo elettrico.

107. Supponiamo per un momento che dal mezzo d'una spirale piatta P N (*Fig.* 62) sbocchi una luce vivissima quando si fa passare una scarica elettrica dall'un capo all'altro di tutti i giri che la compongono. In tal caso che diremmo noi di quella luce? Non già che fosse la solita luce elettrica; perchè questa si manifesta allora soltanto che l'elettricità si scarica da un conduttore all'altro: scarica che punto non accade fra le spire della spirale P N, percorse tutte dal torrente elettrico in un modo così oscuro come s'egli passasse sopra un conduttore rettilineo lungo quanto più piaccia. Esclusa quindi l'idea della luce che accompagna ordinariamente l'elettricità nelle sue vicende di cariche e scariche, non resterebbe che un solo partito da prendere sulla supposta luce che sbocca dalla spirale P N; quello cioè di ritenerla una luce particolare, dipendente in qualche maniera dalle funzioni magnetiche, che l'elettricità esercita nel girare più e più volte d'intorno allo stesso centro.

Ora per togliere qualunque sospensione dall'animo de' leggitori, è da sapersi che non già supposizione ma verità di fatto è l'accidente di luce poc'anzi immaginato sul centro della spirale P N. Non tralascieremo di accennare a momenti

il principio teorico, che ci condusse a tale scoperta; ma prima conviene fermarsi alcun poco sui dettaglj dell' esperimento.

La spirale ch' io soglio adoperare in questa occasione, ha ventiquattro giri, avvolti sul piano d' un cartone, e stretti per modo che formano un disco di soli due pollici di diametro. Non importa impiegare scariche elettriche d' una forza straordinaria: basta quella d' un quadro magico di due piedi d' armatura ed anche meno. La luce che si manifesta in tal caso, par che sbocchi dalle parti centrali del disco: s' assomiglia un poco a quella d' un fuoco artifiziale, e si vede assai distintamente anche senza usar la precauzione di oscurare perfettamente la camera dove si eseguisce l' esperimento. Quantunque persuasi d' avere in quella luce un fenomeno straordinario, pure si è, per maggior sicurezza, istituito un esperimento di confronto sopra un rettangolo A B (*Fig.* 62 *bis*) formato col solito filo ricoperto di seta e piegato in modo a biscia da condurre la scarica per altrettante linee parallele, vicine fra loro quanto i giri della spirale piatta P N. Da quest' ultimo sistema di giri pressochè circolari sbocca una fiamma così viva da abbarbagliare la vista: dal rettangolo invece una luce languidissima in forma di lampo che scappa via dalle voltate che il conduttore fa sui lati A *a*, *b* B. Parmi in una parola che basti vedere una sola volta il fenomeno per convincersi che la luce del rettangolo è la consueta luce elettrica, e quella della spirale una luce di tutt' altra origine, a cui converrà probabilmente assegnare il nome di *elettro-magnetica*, perchè si sviluppa nel solo caso in cui l' elettricità s' avvolge in modo da esercitare le funzioni del magnetismo.

Noi abbiamo già indicato il centro della spirale P N, siccome quel luogo da cui pare che sbocchi la luce elettro-magnetica. Affine per altro di non assegnare a questa corrispondenza che il suo giusto valore, si è ripetuto più volte l'esperimento non solo sopra la spirale piatta PN, ma ben anche sopra altre spirali avvolte intorno ad anime di forma cilindrica e di forma sferica. Egli è all'occasione di tali prove, onorate dalla presenza di dotti personaggi, che ho avuto campo d'osservare, che per quanto si studii di rispettare la condizione del *caeteris paribus*, la luce elettro-magnetica varia d'aspetto da una scarica all'altra, e si vede ora uscire più viva dalla parte d'un polo che dalla parte dell'altro, e declinare ora più ora meno dall'asse delle spire elettriche senza seguire in ciò verun ordine, veruna legge. Ad onta di queste variazioni la regione del fenomeno ci sembra abbastanza decisa per assicurare il titolo di *polare* alla luce elettro-magnetica.

108. Passando adesso alla spiegazione del fatto, fisseremo in prima le idee sulla comunicazione che esiste fra l'elettricità dell'ambiente, e quella d'una scarica costretta a girare per tutte le spire d'una spirale piatta P N (*Fig.* 62); e poscia rifletteremo che quest'ultima elettricità imprime sull'esteriore un tal movimento di rotazione che la obbliga tutt'a un tratto a formare un vuoto nel suo mezzo; il quale nel riempirsi precipitosamente d'altro fluido elettrico fa sì che questo vi si condensi al segno di comparire luminoso. Tale è il meccanismo ch'io doveva aver in mente dopo le idee fissate nelle due questioni precedenti. Io l'ebbi in realtà, ma senza pensare per altro ad una circostanza che merita pure attenzione, ed è che si può interrompere per modo

la comunicazione fra le due elettricità della scarica e dell' ambiente da impedire lo sviluppo della luce elettro-magnetica. Io deggio questa cognizione alla sagacità di due dotti di Firenze, il Cav. Antinori e Prof. Gazzeri, i quali nel ripetere il mio esperimento sopra una spirale formata d'un filo coperto d'uno strato resinoso ebbero occasione d'osservare che mancava in allora quella luce che si manifesta quando le spire della spirale sono più imperfettamente isolate. Giova poi notare una tale particolarità per varj motivi, ma specialmente per fissare in massima che le circostanze più favorevoli allo sviluppo della luce elettro-magnetica sono quelle d'un cattivo isolamento fra le spire elettriche. È sicuramente di questa specie l'isolamento che ci procuriamo nel vuoto delle campane pneumatiche. Or bene una spirale collocata là dentro senza alcuna sorta di veste sulle sue spire, sviluppa per appunto dal suo centro una luce vivissima sotto l'azione delle scariche più deboli. Ma nella stessa circostanza del vuoto come si comportano i rettangoli elettrici A B (*Fig.* 62 *bis*)? Rimangono oscuri come nel pieno; il tutto conforme allo spirito d'una dottrina, a cui non aggiungeremo altro per ora se non che la promessa di riprodurla, nell'articolo delle *aurore boreali*, amplificata quanto conviene alla magnificenza di quel sorprendente spettacolo.

IX. QUESTIONE.

Sulle sponde delle circolazioni magnetiche.

109. Si sa da gran tempo che il ferro si calamita più facilmente dell'acciajo, e che lo stesso acciajo è tanto più facile a calamitarsi, quanto è

meno temprato. Ma si sa inoltre che il magnetismo acquistato facilmente dura così poco in confronto dell' altro, che mentre quello del ferro dolce svanisce ben presto, l' altro dell' acciajo a tutta tempra resta il medesimo per anni ed anni senza dar sovente alcun segno di diminuzione. Giova prendere di mira i punti estremi di questa scala, e collocato nell' uno il magnetismo pronto e fugace, e nell' altro il tardo e permanente, cercare il motivo d' una differenza di tanto momento.

Questa ricerca colpisce due oggetti, l' uno un poco più arduo dell' altro. Il più facile risguarda il tempo impiegato alla diffusione del magnetismo entro due verghe l' una di ferro e l' altra d' acciajo. Che sono infatti queste due verghe, se non due vasi pieni sì dello stesso fluido, ma differenti per altro nell' interna loro costituzione? Ora quale maraviglia che nell' uno il fluido circoli più facilmente che nell' altro? Anzi che si fa egli temprando un pezzo d' acciajo? Non si cangia già la natura di questa sostanza: si muta solo la disposizione interna delle parti. Dunque poichè la tempra basta da se a ritardare lo sviluppo delle proprietà magnetiche ne' pezzi che la subiscono, si vede assai chiaramente, come la condizione del tempo impiegato alla generazione delle circolazioni magnetiche tenga ad una cagione tutta meccanica, quale si è il modo con cui sono disposte, e congiunte ne' corpi le particelle integranti.

110. Ma se presto si comprende come lo stesso fluido possa in due vasi differenti possedere una disposizione a circolare più facilmente nell' uno che nell' altro, non s' intende con eguale sollecitudine, come la circolazione facile a determinarsi debba estinguersi in un momento e con-

servarsi la più difficile. Affine di sciogliere questo secondo nodo è tempo di rispondere a una domanda che abbiamo a bella posta riservata per quest' occasione. L' acqua che gira in un vaso, non iscappa fuori di questo, perchè non glielo permette la solidità delle pareti contro cui urta girando. Ma ne' vasi magnetici dove sono queste pareti? Non già nella superficie che cade sotto i sensi, superficie tutta quanta disseminata di pori i quali lasciano ovunque libera l' uscita al fluido che gira in quella specie di vasi. Dove dunque? Nello stato attuale della scienza non vi ha, cred'io, che un solo partito da prendere in questa circostanza; ed è di affidare all' esercizio di forze esteriori la cura d'impedire al fluido interno delle calamite che sbocchi dagli innumerevoli pertugj di queste, e si dissipi per tal via nello spazio. Nè certamente dopo tutto ciò che si è detto nel corso delle presenti ricerche, può restare in forse il principio materiale a cui intendiamo d' addossare l'incarico di trattenere ne' giusti suoi confini la circolazione delle calamite. Sappiamo infatti che le calamite pescano in mezzo al fluido elettrico dell' ambiente, come vi pescano i conduttori voltiani, di cui abbiamo parlato a lungo nella questione relativa alle leggi elettro-dinamiche. Or bene, diciam noi, è questa elettricità circostante che colla sua pressione esercitata contro la superficie delle calamite impedisce al fluido interno di queste di scappare fuori all' atto in cui comincia a girare d'intorno all' asse di que' sistemi. Ma per conforme che sia quest' idea allo spirito delle precedenti dottrine, bisogna prima d' accordarle un certo grado di confidenza, vedere come si sostenga a fronte dei fatti che si riferiscono alla natura delle pareti entro cui si determinano le circolazioni magnetiche. Fra i fatti di questo genere ve ne

ha alcuni d'un' importanza che colpisce. Il leggitore li troverà registrati negli articoli seguenti.

Magnetismo passeggero e permanente.

111. Attacchiamo un pezzo di ferro, una chiave p. e., al polo d'una buona calamita, e il fluido che gira dentro di questa determina nel fluido della chiave una circolazione così pronta, e così decisa che la limatura di ferro vi si attacca in grande abbondanza e tosto. Distacchiamo la chiave dalla calamita, e la limatura cade tutta dai punti ov'era appesa; segno evidente che l'atto del distacco è accompagnato da un accidente che estingue nella chiave, se non tutta, la più gran parte almeno della sua prima circolazione. Ora che direm noi d'un giro ch'era un momento fa nel suo pieno vigore e adesso è quasi interamente estinto? Fisseremo l'occhio sopra un cilindro di ferro NS (*Fig.* 63), e poi supposto che una forza convenientemente applicata al fluido di quel cilindro lo abbia messo in giro come indica la sezione *abcd*, rifletteremo che per conoscer l'esito di un tal giro, bisogna tener dietro all'influenza ch'esso esercita sull'elettricità circostante colla quale comunica per la via sempre aperta de' pori del ferro. Porzione di quest'elettricità circostante risponde ai lati longitudinali *ns n's'*, e porzione alle basi circolari *nn'*, *ss'*. Nel giro che si compie dentro al cilindro NS, la prima porzione tende a cedere il suo posto al fluido che tenta d'uscire dai pori esistenti sulle pareti *ns*, *n's'*: l'altra invece che insiste sulle basi *nn'*, *ss'* tende ad entrare nel cilindro per la ragione del vuoto che la forza centrifuga della rotazione tende a formare intorno all'asse NS. Tali sono, senza dubbio, le tendenze che il meccanico ritrova in

un fluido qual si è l' elettrico, che investe tutto all' intorno la circolazione d' un vaso magnetico. Ma che ne deriva egli dal giuoco di tali tendenze? Bisogna distinguere: o la pressione esercitata dal fluido esteriore contro le pareti *n s*, *n' s'*, vale ad impedire l'uscita del fluido interno, o non vale: se vale, la circolazione magnetica è assicurata; se non vale, la circolazione si disperde in un momento attraverso delle pareti *n s*, *n' s'*, mentre il fluido delle colonne esteriori N'N, S'S discende nel vaso; rimpiazza quello che girava, e vi stabilisce presto l' equilibrio.

112. Di quì chiaro si vede 1.° che non si tratta più in questo luogo di tener distinto il fluido elettrico dal magnetico; 2.° che non occorre uscire fuori dei principj ordinarj per concepire come alcune circolazioni magnetiche siano passeggiere ed altre permanenti. Saranno *passeggiere* quelle che non trovano nella pressione del fluido esteriore un ritegno sufficiente a mantenerle nella primitiva loro capacità; *permanenti* l'altre che glielo troveranno. Che dunque conchiuderemo del ferro e dell'acciajo rispetto alla durata del loro magnetismo? Vedremo nel primo verificata la prima condizione, e nel secondo la seconda. Ma come mai, si chiederà subito, quella pressione che permette così facilmente la dissipazione delle circolazioni che si determinano dentro il ferro, potrà essa valer tanto da impedire che si dissipino nello spazio le circolazioni che si determinano dentro l'acciajo? La medesima causa in somma, la medesima pressione come può mai nella circolazione del vaso di ferro cedere subito alla forza centrifuga della circolazione magnetica, e resistere nell' altro caso del recipiente d'acciajo? La difficoltà si scioglie assai naturalmente pensando al carattere particolare delle due circolazioni. Nel

ferro la circolazione è molto facile e sollecita; più tarda e difficile nell'acciajo. Dunque il fluido si move nel ferro con una libertà che gli manca nell'acciajo. Dunque niuna meraviglia che la stessa pressione serva di freno alla circolazione d'un fluido impegnato molto in un corpo, e non serva nel caso d'un impegno minore.

Magnetismo di saturazione.

113. I fatti a questo riguardo son ben positivi. Una verga d'acciajo di date dimensioni non può calamitarsi che sino a un certo segno. Attinto questo segno, tutto il magnetismo che le si comunica di più, è comunicato a pura perdita, perchè la verga non lo conserva. Ora si dimanda, qual è il motivo per cui quella data verga non tollera nelle sue viscere che un certo grado di magnetismo, che vale quanto dire un certo grado di velocità nella circolazione da cui dipendono le proprietà magnetiche? Si vorrebbe forse dire che le velocità maggiori vengono estinte dalla resistenza che il fluido soffre girando entro l'acciajo? Ma se questo corpo presentasse una *vera resistenza* al fluido che gira dentro di esso, quale sarebbe il risultato finale della rotazione determinata da principio? Non certamente quello di stabilirsi ad un certo grado di velocità, ma l'altro invece di scemare ad ogni rivoluzione, e finire per estinguersi totalmente (101). Il fatto parla chiaro: dice a un tempo e che le verghe d'acciajo non tollerano nel loro seno che una circolazione d'una data velocità, e che questa circolazione una volta determinata è così libera nel vaso entro cui si compie, da mantenervisi per sempre. Invito i fisici a fissar tutta la loro attenzione sopra queste due circostanze, e poi a giudicare se egli è mai pos-

sibile di conciliarle insieme, senza vedere nelle calamite altrettanti vasi limitati per modo nella forza delle loro pareti da non resistere che ad una circolazione d'una data velocità.

114. Ma per rendere più sensibile l'idea, supponiamo d'avere un vaso cilindrico, di latta p.e., traforato tutt'al lungo delle sue pareti. Così bucato non sarebbe certamente atto a contenere una certa massa d'acqua; ma servirà benissimo a quest'ufficio, tosto che immagineremo tutti i suoi fori chiusi da altrettante valvolette congegnate bensì di maniera da potersi aprire dal di dentro al di fuori, ma nello stesso tempo così elastiche da resistere a spinte più forti che non sono quelle dovute alla pressione del liquido versato nel recipiente. In questa posizione di cose s'imprima un movimento di rotazione nell'acqua del vaso: le valvolette avranno, oltre la pressione ordinaria dell'acqua tranquilla, da sostenere ancora lo sforzo che l'acqua fa per uscire dalle pareti, spintavi contro dalla forza centrifuga della rotazione. Che cosa dunque si potrà sperare delle valvolette che chiudono con una certa forza i fori praticati nel vaso di latta? Null'altro se non che resistano ad una circolazione d'una data velocità. Crescete d'un poco questa velocità, e le valvolette si apriranno: lascieranno fuggire un poco di liquido, e poi si chiuderanno all'atto in cui rallentato in qualche modo il corso della circolazione, potranno sostenere lo sforzo riunito delle spinte che tendono ad aprirle. Ora chi non vede in tutto questo congegno l'immagine fedele di ciò che accade ne' vasi magnetici? I fori della latta rispondono ai pori ordinarj dell'acciajo, e le valvolette elastiche all'elettricità dell'ambiente che insiste su que' pori e non tollera sotto di se che una circolazione d'una determinata velocità.

Non è già, lo ripeteremo, che non si possa aumentare una tale velocità; ma gli aumenti sono comunicati a pura perdita, perchè il fluido a cui si applicano, si dissipa nello spazio.

X. QUESTIONE.

Sul magnetismo occulto.

115. Prendiamo con A. Van Beek un cannone d'acciajo AB (*Fig.* 64), e facciamo passare una forte scarica elettrica nella direzione *pn* del suo asse. L'effetto meccanico di questa scarica sul fluido del cannone AB è evidente. Tutte le sezioni *c' c d* sono composte di due rettangoli *c a*, *c' a'*, situati l'uno alla sinistra e l'altro alla dritta della via battuta dalla scarica; e come nell'uno si determina il giro *a b c d*, nell'altro si determina il contrario *a' b' c' d'*.

116. Questi giri sono patentemente altrettanti giri magnetici, ma tali per altro, in grazia della loro *disposizione a corona*, da meritare un'analisi molto più severa di quella a cui furono assoggettati finora. Ecco le osservazioni che servono di base alle idee da fissarsi su quest'argomento.

Osservazione I. Tuffo il cannone AB in un mucchio di limatura di ferro, e lo cavo fuori senza che vi si attacchi alcun fiocco di quella polvere. Osservo lo stesso sopra qualunque pezzo d'acciajo e di ferro che abbia la forma annulare. Le lastre circolari forate nel mezzo appartengono a questa specie.

Osservazione II. Taglio, come suggerisce Van Beek, uno di questi anelli o cerchj d'acciajo trapassati da una scarica *pn*, e trovo che la limatura di ferro si attacca in abbondanza sulle parti tagliate.

Osservazione III. Ricongiungo queste parti e poscia le immergo di nuovo nella limatura di ferro. Sparisce in tal caso, dice Van Beek, ogni segno magnetico, come quando gli anelli o cerchj sono tutti d'un pezzo (1). Io trovo invece che la limatura si attacca in un modo molto sensibile al luogo che risponde al combaciamento delle parti tagliate. Ma sul timore che quest'effetto, non osservato da Van Beek, possa derivare da poca esattezza nel combaciamento delle due metà de' miei cerchj, replico l'esperimento sopra de' bottoni d'acciajo d'Inghilterra, i quali si rompono ad un colpo di martello, e si ricongiungono così perfettamente che l'occhio non arriva talvolta a distinguere il luogo delle rotture. Ad onta di tanta precisione veggo la limatura attaccarsi sulle linee di rottura in un modo così distinto da potersi contare sull'esattezza di un'osservazione, che mi risulta la medesima anche allorquando la rinnovo sopra di bottoni spezzati e riuniti esattamente prima di sottoporli all'azione delle scariche elettriche.

Osservazione IV. Pongo un ago calamitato ben sottile a galleggiare verticalmente sull'acqua; e poi osservo i movimenti ch'esso prende sotto l'azione del cannone AB e de' sistemi analoghi, attraverso il cui asse sia passata la scarica *p n*. Veggo in ogni caso che l'ago si dirige ad una data parte di que' pezzi d'acciajo di forma annulare, e che fugge dall'opposta, come gli accade sotto alle calamite ordinarie. I movimenti per altro riescono talvolta così deboli, che per iscoprirli bisogna far uso d'un indice molto sensibile.

(1) *Bibl. univ.* T. XVIII. pag. 193. et T. XX. pag. 124, 125.

Trascurando queste precauzioni si rischia di credere occulto del tutto un magnetismo che pure traspira da qualche lato.

Osservazione V. Confronto la virtù magnetica d' un anello intatto con quella d' un anello rotto in due parti esattamente congiunte. Trovo quest' ultima così superiore alla prima di non dubitare che la più piccola interruzione basti a determinare delle polarità di gran lunga più sensibili che non sono quelle le quali nascono nel caso in cui la calamita circolare si conserva tutta d'un pezzo.

Questa osservazione spiega la I. in quanto che c' insegna a vedere nel cannone intatto AB un magnetismo non già interamente occulto, ma quanto basta per non agire sensibilmente sulla limatura di ferro.

Osservazione VI. Oltre alla disposizione della figura 64 ve ne ha un'altra che serve allo stesso scopo di determinare una corona di giri magnetici dentro il cannone AB. Essa consiste nell' avvolger prima d'intorno alle pareti del tubo un filo di metallo ricoperto di seta, e poscia nel far passare una scarica elettrica dall' un capo all' altro di tutta quella serie di spire adattate ai rettangoli *ca, c' a'*. Gay-Lussac e Velter furono per quanto io sappia, i primi ad impiegare un tale artifizio sopra un anello d' acciajo, il quale per altro non offerse ad essi alcun segno di magnetismo sinchè rimase intatto (1). Io non ho mancato di ripetere più e più volte questo esperimento; ma tutti gli anelli e cerchi sottoposti da me a quella prova, mi hanno costantemente presentate quelle stesse polarità, ch'io vi aveva riscontrato

(1) *Annales de Climie et Physique*. T. XXII. pag. 93.

operando sopra di loro nel modo indicato dalla figura 64.

117. Posso ingannarmi, ma sia per la diligenza che ho usata nella serie delle mie osservazioni, come pel numero non indifferente di cannoni, anelli e cerchj d'acciajo da me esperimentati, deggio, più che piegare all'opinione dell'esistenza d'un magnetismo perfettamente occulto, consultare la dottrina per vedere se esistesse mai una cagione che impedisse quella totale occultazione. Rammenteremo per questo che l'equatore OE (*Fig.* 17) d'una calamita ordinaria è un luogo, dove il magnetismo di consenso si riduce a zero per l'eguaglianza delle correnti *oe oe* (18). Ricorderemo inoltre che se queste correnti si mantenessero eguali dal mezzo alle parti, la virtù delle calamite sarebbe tutta confinata sulle loro basi; onde allo sparire di queste basi sparirebbe pur anco ogni segno magnetico. Ma come farle scomparire? Col portarle a reciproco combaciamento ripiegando in modo il fusto calamitato da convertirlo in un anello. Ecco dunque che cosa sarebbe necessario, perchè il cannone AB (*Fig.* 64) non fosse in alcun modo polarizzato: bisognerebbe che i giri magnetici *abcd*, *a'b'c'd'* prodotti dalla scarica PN fossero perfettamente eguali all'intorno. Ora si pensi al vuoto che nasce in mezzo a qualunque giro magnetico, e si vedrà chiaramente che l'esistenza d'una corona di siffatti giri è così rigorosamente legata dalla condizione della perfetta eguaglianza de' giri medesimi che basta la più piccola differenza a sconcertare tutto il loro ordine. Infatti sinchè sussiste ne' giri della corona una geometrica eguaglianza, il loro vuoto centrale non può essere riempiuto da veruna parte; perchè se la forza centrifuga condensa il fluido alle sponde del vaso annulare, tale conden-

samento risulta così eguale tutt' intorno che non vi ha alcuno strato di fluido che ceda alla spinta de' suoi vicini, e precipiti sull' asse di rotazione. Ma appena s' immagina in un qualche luogo della corona un giro d' alcun poco più debole de' suoi vicini, che tosto si vede il fluido d' un tal giro cadere nel vuoto centrale, e nascere per conseguenza in quella situazione una specie di voragine che chiama a se il fluido de' giri laterali, e determina subito una circolazione permanente della solita specie delle fusiformi. A che dunque tiene, chiederemo noi, l' esistenza d' una corona completa di giri magnetici? Tiene ad una circostanza *fisicamente impossibile*, qual si è quella d' un' assoluta eguaglianza fra i giri che compongono la corona medesima. Sia pure omogenea, per quanto si può, la materia del cannone A B, e sia pure collocato nel giusto mezzo il conduttore della scarica P N. Ma che per ciò? Sussiste mai sempre l' impossibilità fisica d' avere in tutte le sezioni del cannone A B lo stesso identico giro; e sempre quindi una corona perfetta di giri magnetici si presenta all' occhio del meccanico sotto l' aspetto d' un caso di pura speculazione, il quale non può verificarsi all' atto pratico, appunto come sembrano confermare le replicate mie esperienze.

Osservazione VII. Preparo un cannoncino di cartone; e poi lo vesto d' un filo metallico ricoperto di seta per modo che un tal filo, infilzato per la prima volta dentro il tubo, compia il giro delle pareti col passare continuamente dal di dentro al di fuori, e dal di fuori al di dentro. Pongo le due estremità del filo in comunicazione coi poli d' un elettro-motore; ed ottengo così sul mio cannoncino una corona di giri eguali tutt' all' intorno, perchè formati tutti dalla stessa corrente voltiana. Affine poi di scandagliare la forza delle cor-

renti esteriori (che rispondono ai lati longitudinali *c d*, *c' d'* del cannone A B) presento il dorso del cannoncino ad un ago calamitato verticalmente galleggiante sull' acqua; e trovo che quel polo fugge a dritta od a sinistra come quando gli passa al dissopra una sola corrente elettrica.

118. Così è, e così debb' essere per la nota ragione del fatto fondamentale (47). Ciò nullameno questa VII. ed ultima osservazione presenta un certo interesse; poichè c' insegna che quand' anche i giri *a b c d*, *a' b' c' d'* del cannone A B potessero riuscire e mantenersi uguali (come hanno sin quì supposto Van Beek ed i fisici francesi), non sarebbe questo un motivo sufficiente per ritenere la loro presenza indifferente del tutto ai conduttori voltiani ed alle calamite.

So che la dottrina di M. Ampère, applicata da M. Savary alle corone de' giri magnetici, non assegna a siffatte corone veruna sorta d' azione. So inoltre che si riferisce l' esperienza dell' anello di Gay Lussac e Velter ad appoggio di quella nullità (1). Vi ha dunque dell' illusione da un qualche lato: ma chi sarà nell' inganno? A me non tocca di sciogliere questo nodo: lo scioglieranno i fisici, che si prenderanno la cura di ripetere gli esperimenti che formano il soggetto della presente questione.

XI. QUESTIONE.

Sulla differenza de' corpi magnetici e non magnetici.

119. Che cosa è un corpo calamitabile? È un corpo pieno di un fluido disposto a concepire un

(1) *Bibl. univ.* T. XXII. pag. 259.

movimento di rotazione in massa analogo a quello che si può comunicare all'acqua d'un vaso. Ma posta questa definizione pei corpi *calamitabili* quale sarà l'altra da assegnarsi ai *non calamitabili*?

Per rispondere nel modo il più semplice e sicuro, prendiamo una lastra d'una sostanza qualunque non magnetica, d'ottone p. e.; e poi attacchiamola con un po' di cera o d'altro ad uno dei due poli d'una barra calamitata. Sia SN (*Fig.* 65) questa barra, ed *oo* la lastrina d'ottone pendente dal polo N. Mettiamo in seguito della limatura di ferro su d'un foglio di carta; e poi collochiamovi sopra la lastra *oo* affine di sollevarla un momento dopo per osservare la limatura che strascina seco. Troveremo questa polvere drizzata a raggi *n*, *n*, così esattamente al di sopra del contorno del polo N da giudicar subito che que' raggi *n*, *n* non sono altro che il prolungamento di quelli che appartengono all'irraggiamento magnetico della calamita SN. Non è così sostituendo alla lastra d'ottone *oo*, una di ferro *mm*: in questo caso la limatura che si solleva, trovasi tutta confinata sul contorno della lastra.

120. Di quì si scorge in che differisca l'uffizio delle due lastre *oo*, *mm*. La calamita SN è un vaso in cui si compie una circolazione la quale propaga all'intorno la sua azione secondo una legge particolare, quella dell'irraggiamento magnetico. Ora si pensi a questa legge e si vedrà ch'essa sussiste la medesima alla presenza del corpo non magnetico *oo*, mentre la presenza del corpo magnetico *mm* l'altera in guisa da ripiegare sopra se stesso tutta quella massa di raggi che si distribuirebbero, senza di lui, secondo l'ordine consueto. Se i raggi di luce, come passano quasi tutti attraverso de' corpi trasparenti,

penetrassero entro le viscere de' corpi opachi, e vi si diffondessero dentro, potrebbe dirsi che il magnetismo ha, come la luce, i suoi corpi trasparenti e i suoi corpi opachi: trasparenti quelli che non interrompono il corso de' raggi magnetici: opachi gli altri che l'interrompono in modo da appropriarselo. Ma non si abusi di questo paragone che manca di giustezza sotto diversi rapporti: il vero modo d'evitare ogni improprietà si è di aver per magnetici que'corpi, il cui fluido determinato a girare in un luogo, propaga questo giro in tutto il sistema; per non magnetici poi gli altri ove manca questa *specie di conducibilità*.

121. Interesserebbe senza dubbio di rimontare alla prima cagione di una tale differenza; ma che cosa mai sappiamo noi dell' interna costituzione de' corpi per impegnarci in una ricerca di siffatto genere? Ciò per altro che s' intende benissimo, si è che la distinzione in discorso è ben lontana dall'esigere che si vegga nelle calamite un fluido differente da quello che esiste negli altri corpi, bastando unicamente di rinvenirvi una condizione che favorisca la diffusione dei movimenti circolari. Ma alla condizione del *diffondersi* non si dovrebb'egli aggiungere l' altra del *conservarsi*? Non v' ha dubbio: le circolazioni da cui si fa dipendere il magnetismo, deggiono, oltre la particolarità di spandersi da un capo all'altro delle verghe non soverchiamente lunghe, godere pur anche del privilegio di sussistere indipendentemente dalla causa che le determinò. Ad onta d'una tale persuasione ho taciuto quest' ultimo requisito nel parallelo delle due classi di corpi, perchè, come parmi naturale nell' una, tanto mi sembra incompatibile nell' altra. Spiegheremo meglio col dimandare qual traccia rimane de' movi-

menti di luce attraverso de' corpi diafani, e quale de' movimenti di calorico attraverso dei fluidi aeriformi? Bene spesso un indizio così leggero da non accorgersene; nè meraviglia di questo, perchè que' movimenti sono trasmessi quasi per intero. Ogni movimento, ogni azione che si trasmette, è perduta pel corpo che fa la trasmissione. La massima è evidente: or basta, io credo, applicarla al caso del magnetismo per vedere che la lastra d'ottone *oo* (*Fig.* 65) non acquista punto per quanto tempo soggiorni sopra il polo N, la proprietà di conservar in se verun segno di quel movimento circolare che essa trasmette dal vaso NS ai raggi di limatura *n*, *n*. Le funzioni invece della lastra di ferro *mm* son tutt'altra cosa: essa riceve nel suo seno il movimento circolare; lo diffonde alle parti, e si trova, distaccata dal vaso principale, in possesso d'una circolazione che le appartiene e che dee necessariamente conservare un certo tempo dipendente dalle condizioni del proprio recipiente.

122. Sin tanto che non si era riscontrato il magnetismo che nelle sostanze ferruginee, poteva forse riputarsi opera perduta quella di rintracciarlo fuori de' corpi privi di quel metallo. Ma dopo d'avere riconosciute suscettive della virtù magnetica due altre sostanze, il cobalto ed il nikel, cessa pel ferro ogni sorta di predilezione, e subentra l'idea che la classe de' corpi calamitabili possa subire la medesima sorte di tante altre che erano da prima credute poco numerose, e crebbero poscia col tempo in un modo singolare. Non citerò per amore di brevità, che il cristallo d'Islanda: fu creduto lungo tempo il solo che godesse la prerogativa di duplicare le immagini; indi vi si aggiunse il cristallo di rocca, e poscia tanti altri cristalli da giudicar benissimo

che la natura aveva, secondo il consueto suo costume, creato non già un individuo solo, ma una serie di individui, nella quale lo spato islandico occupava il primo posto. Così il ferro non sarà probabilmente che il capo d' una famiglia che si andrà aumentando col progresso del tempo. Ma vi sarebbe egli mai un qualche criterio da illuminare il fisico nella ricerca degli altri individui? Senza pretendere di consigliare chi che sia, dirò ingenuamente com' io mi condurrei, se dovessi andar in traccia di nuovi corpi magnetici: li cercherei là dove si combinassero alla meglio i seguenti due requisiti: fissezza di tessuto, e poca conducibilità di calorico: *fissezza di tessuto*, perchè niuna delle sostanze magnetiche esce sin ora fuori della classe de' metalli: *poca conducibilità di calorico*, perchè il corpo calamitabile in grado eminente, il *ferro*, veste per appunto in mezzo ai metalli che conducono benissimo il calore, il carattere di *cattivo conduttore*. La differenza non è di lieve momento: tutti i fisici lo sanno, ma particolarmente coloro che studiarono la marcia del calore sulle verghe di ferro (1). In quanto a me non posso pensare a questa singolarità, senza sovvenirmi il vaticinio di Newton sulla natura del diamante. Quale rapporto vi è mai fra la *refrazion della luce*, e *l' infiammabilità?* In apparenza veruno. Eppure il fatto dimostra che i principj infiammabili tendono ad aumentare la forza refringente de' corpi ove si trovano. Non potrebbe egli darsi, dico io con tutta la riserva, che come un eccesso di refrazione indica la pre-

(1) Vedi la Memoria di M. Biot sulla propagazione del calore inserita nel tomo XXVII della *Bibliotheque Britannique*.

senza d'un principio infiammabile, così un eccesso di non conducibilità di calorico indicasse la presenza d'un principio calamitabile? (1)

123. Potrei aggiungere a questo sospetto qualche altra conghiettura, ma piuttosto che passare di dubbio in dubbio porrò fine al discorso con una verità di fatto che si riferisce immediatamente al soggetto della presente questione, ed è che le forze magnetizzanti non trovano ne' corpi un così libero passaggio, come pur si crede comunemente, e come abbiam supposto noi medesimi nel fissar le idee sulla lastra d'ottone *oo* (*Fig.* 65).

Per provare una tale verità prendo parecchi cannoncini eguali nel diametro e nella grossezza delle loro pareti, e fatti d'ogni sorta di sostanze, come sarebbe argento, zinco, legno, avorio, vetro, cera ec.; e poi colloco nell' asse di ciascheduno di essi un ago da cucire non calamitato. Dispongo in seguito i tubetti a canto l'uno dell' altro come si vede nella figura 66; indi li sottopongo tutti insieme all'azione d'una

(1) Secondo l'esperienze del Dottor Ingenhousz il platino e il piombo sono sulla linea del ferro e dell'acciajo per ciò che riguarda la facoltà di condurre il calorico. Più per curiosità che coll'idea d'intraprendere una serie d'esperimenti su que' due metalli, pigliai una piastrina dell' uno e dell'altro, e le sospesi amendue in modo da osservare i loro movimenti in mezzo ai poli d'una buona calamita a ferro di cavallo. La piastrina di piombo non mi sembrò sentire punto l'influenza del magnetismo: l'altra di platino, invece mi sembrò che la sentisse in un modo non equivoco. Questa piastrina pesava poco meno di tre quarti d'oncia: era di forma rettangolare e grossa una mezza linea all'incirca. Si ha ogni motivo di credere che fosse del platino il più puro.

carica elettrica che fo passare al di sopra di oro mediante un filo conduttore PN. Dopo la carica gli aghi posti dentro i cannoncini si trovano tutti calamitati, ma ad un grado così diverso da potersi conchiudere con tutta la sicurezza ch' esiste a questo riguardo una scala di permeabilità non meno varia di quella che esiste rispetto alla luce ed al calorico.

124. Si sa che Coulomb avendo sospeso de' piccoli cilindri fatti d'ogni sorta di sostanze organiche ed inorganiche in mezzo ai poli di due calamite *ben vigorose*, trovò che que' cilindri oscillavano più spesso che non facevano liberati dall' influenza del magnetismo. Si sa inoltre che due furono le opinioni che s' esternarono sul conto di quegli esperimenti: l' una consisteva nel dire che tutte le sostanze fossero di lor natura suscettive della virtù magnetica, ma in grado diverso e per modo che tale virtù riuscisse insensibile nella più gran parte di loro: l'altra opinione poi consisteva nel supporre che le differenti sostanze sottoposte all'esperienza risentissero l'azion delle calamite in grazia di contenere una dose così tenue di ferro che sfuggiva agli sforzi delle più accurate analisi e solo si manifestava in presenza del magnetismo. Io crederò invece che i cilindri di Coulomb oscillino più frequentemente frammezzo alle calamite che fuori, per una ragione molto più semplice; per ciò solo, che non essendo essi perfettamente permeabili all' azione del magnetismo vengono necessariamente scossi dalla porzione intercettata. E mi fermo in questo sentimento senza timore che si confonda essenzialmente con alcuna delle due opinioni or ora citate, perchè altro è il vedere ne' cilindretti di Coulomb un ostacolo scosso un tantino da un' azione alcun poco intercettata; altro è il conver-

tire quest'azione intercettata in un' azione veramente magnetica, qual si suppone un po' troppo gratuitamente quando si accorda un po' di forza ad ogni sorta di sostanze, oppure si fa del magnetismo una proprietà che appartenga in un certo grado a tutti i corpi.

125. Converremo per altro in quest' occasione del bisogno in cui si è di ripetere le delicate esperienze di Coulomb giacchè non riuscirono a chi le tentò dopo di lui. Ma come non va taciuta questa circostanza, così non dee passarsi sotto silenzio l'altra che le calamite impiegate da Coulomb erano *vigorosissime*. Non pretenderemo già per questo d'innalzare la loro energia a quella d' una scarica elettrica; ma diremo bene che se i tubetti della figura 66 intercettano, come non v' ha dubbio, una porzione molto sensibile dell' azione magnetica dell' elettricità che passa sul conduttore P N, bisogna pure aspettarsi delle intercettazioni analoghe nella propagazione d'ogni specie di magnetismo. Il tutto sta di trovare un magnetismo così intenso da rendere sensibili gli effetti dovuti a quelle porzioni di forza intercettate: intensità che forse esisteva sulle calamite di Coulomb, mentre mancava in parte su quelle de' fisici che replicarono i di lui esperimenti. Così almeno conviene pensare sinchè una mano abile e sofferente abbia con nuovi fatti risoluto direttamente questo bel punto di dottrina.

XII. QUESTIONE.

Sul magnetismo terrestre.

126. Lo studio circostanziato de' fatti relativi al modo con cui gli aghi magnetici si dispongono alle diverse latitudini della terra, non lascia al

cun dubbio sull'indole della legge generale che regola quella disposizione tutt' all'intorno del nostro globo. Posto infatti che il cerchio ONES (*Fig.* 67) rappresenti un meridiano terrestre, N S la linea dei poli ed O E il piano dell' equatore, si trova;

1.° Che l'ago magnetico prende sulla zona equatoriale O E le posizioni *ns*, *ns* parallele alla superficie della terra.

2.° Che un tale parallelismo vien meno al di qua e al di là dell' equatore O E, inchinandosi la punta *n* sull' emisfero boreale ONE, e la punta *s* sull' emisfero OSE.

3.° Che siffatte inclinazioni si fanno con tale rapidità da essere di 70° all' incirca sulle nostre latitudini temperate, e via via sempre maggiori andando verso le regioni polari.

4.° Infine che la forza colla quale gli aghi tendono a mantenersi nella linea del loro equilibrio, cresce dall' equatore ai poli.

127. Senza dubbio i fenomeni delle declinazioni, ed inclinazioni magnetiche vanno soggetti a tali anomalie che provano benissimo non essere il magnetismo terrestre diffuso intorno all' asse N S con quella simmetria che suppone la figura. Anzi ella è probabilissima cosa che l'asse magnetico sia inclinato all'altro, e che esistano qua e là delle altre cause di perturbazione. Ad onta di tutto questo, le quattro citate circostanze sono troppo decise per non vedere sulla terra verificata in grande quella stessa legge che si riscontra d'intorno alle nostre piccole calamite.

128. Persuasi dunque dalle osservazioni generali che il magnetismo terrestre si diffonde allo stesso modo dell'ordinario, qual metodo seguiremo noi nello studio delle vicende dovute all' azione magnetica del nostro globo? Coprire-

mo la terra del suo irraggiamento magnetico, e poi studieremo i fenomeni in mezzo ad esso come facemmo all'occasione del conflitto elettro-magnetico (Questione IV). Ma come formarsi un'idea giusta di quello smisurato irraggiamento? Assai semplicemente coll'ingrandire il piccolo delle nostre calamite al segno che passi per gli aghi d'inclinazione (*Fig.* 67), e serva così alle dimensioni del nostro globo. Già si prevede che da una *grande* cagione potrà unicamente derivare un così esteso magnetismo. Ma dove rinvenirla? È questo il punto di dottrina più arduo da stabilirsi. Lo terremo per ultimo affine di non entrare innanzi tempo in discussioni che tengono, come vedremo, ai gran movimenti del nostro sistema planetario, e che ad ogni modo son tali da non compromettere la marcia degli articoli seguenti.

Fatti generali di M. De La Rive (*figlio*), *ed esperienze analoghe di M.* Ampère.

129. 1.° Fatto. *Una corrente verticale, mobile soltanto intorno ad un asse verticale, tende a situarsi di maniera che il piano, in cui giace col proprio asse riesca perpendicolare al meridiano magnetico; e di più tende a fissarsi essa medesima all'ovest se marcia di basso in alto, ed all'est se marcia d'alto in basso* (1).

Sia *pp'* (*Fig.* 68) la corrente verticale, ed *xy* l'asse intorno a cui le estremità *p*, *p'* possono compiere liberamente i giri *poe*, *p'o'e'*. Siano inoltre N, O, E, S i quattro punti cardinali quali gl'indica la bussola: si avrà in NS la traccia del meridiano magnetico, ed in OE la traccia del

(1) *Bibl. Univ.* Tom. XXI. (Settembre 1822).

piano su cui viensi a fissare la corrente *pp'* ora dal lato occidentale *oo'* ed ora dall' orientale *ee'* secondo ch'essa è *ascendente*, o *discendente*.

Fissate in tal modo le idee sul fatto da interpretare, si rammenti che la corrente *pp'* marcia in mezzo all' irraggiamento magnetico della terra, e che la direzione d'un tale irraggiamento è fissata dagli aghi d'inclinazione. Si conduca quindi per un punto qualunque della corrente *pp'* una linea *sn* parallela all' inclinatorio, e si avrà in una tal linea rappresentato uno de' raggi magnetici della terra attraversati dalla corrente *pp'*. Ma siccome questi raggi, sinchè corrispondono a punti terrestri non molto distanti l'uno dall' altro, conservano (fisicamente parlando) e la medesima direzione, e la medesima forza, così si vede che l'irraggiamento per cui passa la corrente *pp'* si potrà, senza veruna sorte di timore, considerare composto d'altrettanti raggi tutti quanti paralleli, e tutti eguali d'energia in ciascheduno de' loro punti; sicchè basterà scoprire l'influenza d' un solo per conoscere quella di tutti gli altri. Ciò posto, si osservi che uno qualunque di questi raggi *sn* serve d' asse ai soliti giri magnetici, i quali corrono dalla parte superiore verso l' oriente, e dall' inferiore verso l' occidente (3). Le freccie *ab*, *cd* disegnate a fianco del conduttore *pp'* indicano queste due direzioni. La corrente elettrica è poi in conflitto con l'una o coll'altra parte secondo che essa *ascende* o *discende* (63). Nel primo caso ha che fare col ramo inferiore *cd* che la spinge all'ovest in *o''* : nel secondo caso ha che fare col ramo superiore *ab* che la spinge all'est in *e''*; il tutto conforme all'esperienza non meno che alle solite interpretazioni dedotte dal fatto fondamentale (47).

130. 2.° Fatto. *Una corrente orizzontale, comunque disposta, tende a moversi parallelamente a se medesima, per un verso o per l'altro secondo che varia la sua direzione.*

Egli è per servire all'ordine tenuto da M. De La Rive nella conclusione del suo classico lavoro, che io trascrivo qui questo secondo fatto. Senza un tale motivo sarei a dirittura passato dalla dimostrazione del primo fatto ai seguenti quattro corollarj, i quali partendo dalla posizione verticale *pp'* (*Fig.* 68) contemplano, con tutte l'altre situazioni, la particolare eziandio delle correnti orizzontali.

131. Corollario I. Se la corrente *pp'*, dopo, p. e., d'essersi fissata nel piano *oe'*, potesse girare sul proprio centro di gravità, essa si collocherebbe nella posizione *rr'* (*Fig.* 69) perpendicolare alla direzione *s n* de' raggi magnetici; perchè le correnti circolari esistenti dentro di questi raggi tendono a ridurre nel proprio piano qualunque altra corrente che venga per traversarle. È questo per la corrente *pp'* (*Fig.* 68) un semplice movimento di rotazione eseguito in virtù di quello stesso meccanismo che obbliga due correnti elettriche giacenti su diversi piani a voltarsi per modo da cadere in un solo (80).

132. Corollario II. Una corrente, ridotta una volta nel piano de' giri circolari de' raggi magnetici, non tende più ad uscirne: tende unicamente a moversi parallelamente a se stessa, a diritta od a sinistra, secondo ch'essa è diretta da una parte o dall'altra. Che cosa infatti succede ad una corrente che traversi un giro magnetico *a b c d* (*Fig.* 69)? Fugge, quando passa, in *a' b'* oppure in *c' d'* secondo che incontra il giro *a b c d* dal lato *d a* o dall'altro *b c* (47). Ora nel caso del magnetismo terrestre questa fuga è continua ed

eguale in tutta la lunghezza del conduttor mobile; perchè mentre la corrente elettrica si disimbarazza da una serie di giri magnetici si impegna in un'altra eguale alla prima.

133. Corollario III. Vi ha una posizione in cui la corrente *pp'* (*Fig.* 68) non soffre veruna azione per parte del magnetismo terrestre. Tal posizione si verifica allorquando la corrente marcia parallelamente alla direzione dell'irraggiamento magnetico. Passa in allora per l'asse d'uno de' raggi *sn* di quell'irraggiamento, e sfugge così ogni sorta di conflitto, come appunto lo sfuggirebbe una corrente che si facesse passare per l'asse d'una spirale voltiana di forma cilindrica.

134. Corollario IV. A riserva del caso d'una tale coincidenza, in tutti gli altri la corrente traversa più o meno obbliquamente l'irraggiamento terrestre. Incontra allora i giri circolari di questi raggi, e poichè gl'incontra, bisogna ben che ceda secondo ch'esigono le circostanze del conflitto. Queste circostanze sono poi sempre le medesime, e sempre così semplici da stabilirsi, sul conto delle correnti elettriche influenzate dal solo magnetismo terrestre, la seguente massima generale. = *Una corrente elettrica tende a concepire due movimenti: l'uno di semplice rotazione intorno al proprio centro di gravità, per ridursi perpendicolare alla direzione degli inclinatorj; l'altro di traslazione parallelamente a se stessa, per un verso o per l'altro secondo che va da una parte o dall'altra.* =

135. Tale è il canone che provvede a tutte le combinazioni che possono formare il soggetto delle nostre esperienze. Poco importa alla scienza ch'io mi fermi ad indicare qual lume mi abbiano, in questo ramo di fisica, somministrato i nuovi fatti e quale la dottrina dell'irraggiamento magnetico.

Ciò che preme si è che il canone sia giusto, tanto nella prima, come nella sua seconda parte. Ora per poco che si rifletta sulla serie d'esperienze ridotte da M. De La Rive ai due fatti superiormente citati, si vede che sebbene questi due fatti non contemplino che il caso delle correnti verticali ed orizzontali, pure potendosi per *legge di continuità* estendere alle posizioni intermedie, viene in tal modo a confermarsi la seconda parte del canone senza aver bisogno d'ulteriori esperimenti. Ma chi conferma la prima la quale si riferisce ad un movimento di cui il fisico di Ginevra non fa alcun cenno nella sua analisi? Forse che a quell'epoca non esistesse alcun esperimento comprovante la tendenza che hanno le correnti a mettersi perpendicolarmente alla direzione degli inclinatorj? Non parmi; perchè sino dalle prime esperienze di M. Ampère sappiamo che un rettangolo voltiano *oe e'o'* (*Fig.* 70) mobile d'intorno ad un asse orizzontale O E, come lo sono i nostri aghi d'inclinazione, si fissa appunto in un piano perpendicolare alla direzione d'un inclinatorio *sn*. È questo l'esperimento che prova la prima parte del canone; come le esperienze così magistralmente condotte da M. De La Rive provano la seconda. Che dunque rimaneva da fare a questo fisico per giungere al canone generale di cui si parla? ben poco: ricordare da un lato l'esperienza del *rettangolo d'inclinazione*, e dall'altro riflettere che i movimenti paralleli proprj delle correnti orizzontali e verticali convien che si verifichino più o meno anche sulle correnti obbliquе.

136. Ma a proposito di queste ultime direzioni, non è egli vero che ve ne ha una eccettuata dalla regola generale? Senza dubbio, quella delle correnti che marciano parallelamente all'asse degli

inclinatorj. Io la rammento per tre motivi, per dire cioè; 1.° che una corrente la quale tenda a mettersi perpendicolarmente alla direzione degli inclinatorj, è di necessità in equilibrio, allorchè coincide con quest' ultima direzione: dalla quale infatti non saprebbe togliersi senza violare il principio della ragion sufficiente col piegare piuttosto da una parte che dall' altra; 2.° che trovandosi un tal caso *implicitamente* escluso dalla regola generale, non occorre nominarvelo in via d' eccezione; 3.° infine che questo caso può bene formare il soggetto d' una nuova esperienza, ma che non parmi d' azzardar nulla assicurando del successo i fisici che la tenteranno.

Peso delle calamite.

137. Per non dubbj confronti si sa che le barre di ferro e d' acciajo possono bensì calamitarsi più o meno, ma non già acquistare per questo o perder nulla di quel peso che posseggono nel loro stato naturale. Eppure un pezzo di ferro contrappesato nel piatto d' una bilancia non trabocca egli forse all' atto in cui gli si avvicina al di sotto una calamita qualunque? E se trabocca, per qual ragione un ago, per esempio, da bussola non è desso più pesante quando obbedisce all' azione del magnetismo terrestre, che quando non vi obbedisce per essere scalamitato? È questa una difficoltà ch' io mi propongo nel presente luogo, non tanto per affrontarla colla solita dottrina dell' irraggiamento magnetico, quanto per vedere come si applichino a questo caso le idee di M. Ampère.

138. Cominciando da queste è da notarsi il fatto su cui poggiano sostanzialmente. = Una corrente elettrica, la quale passi al di sotto de' nostri aghi magnetici nella direzione est-ovest,

vale, indipendentemente da qualunque altra cagione, a mantenere quegli aghi rivolti verso il nord. ± Tale è il fenomeno che serve di base all'opinione di M. Ampère. Si supponga infatti, egli dice, che la terra sia fasciata tutt'all'intorno da correnti elettriche che girino di continuo secondo il corso apparente del Sole, e si avrà in una tale circolazione il principio del magnetismo terrestre.

Non è ancor tempo d'entrare nelle discussioni relative a questo principio, ma lo è bene per riflettere che le correnti elettriche incanalate al di sotto degli aghi nella direzione est-ovest attraggono a se questi aghi (51); onde all' atto in cui si ammette che gli aghi magnetici guardino il nord per l' immediata influenza di tali correnti, viensi ad aumentare di tanto il peso ordinario di quegli aghi, quanto importa la forza d' attrazione ch' essi risentono per parte delle correnti orientali che passano al di sotto di loro. Che cosa poi sarebbe del peso di quegli aghi medesimi rovesciati che fossero sulla linea del loro equilibrio? Di tanto appunto calerebbe dell'ordinario, quanto cresce nell' altra posizione; perchè l' attrazione che regnava in allora, si converte in ripulsione adesso che le correnti trovano, nella parte inferiore degli aghi rovesciati, un giro che si fa contro la loro direzione.

139. Per conciliare le proprietà de' corpi calamitati coll' invariabilità del loro peso, non vi ha che un solo mezzo, ed è di supporli animati da forze, le quali li riducano ad una certa determinata direzione coll' imprimere in essi de' semplici movimenti di rotazione intorno ai rispettivi centri di gravità. Ora tale appunto è l' unico movimento che l' irraggiamento magnetico della terra valga a produrre sull' asse de' nostri

sistemi calamitati. Supponiamo infatti d' avere sulla stessa linea tre aghi magnetici $s'n'$, $s''n''$, $s'''n'''$, (*Fig.* 71) alla medesima distanza l'uno dall' altro, e di più eguali di forza è disposti nello stesso ordine. Supponiamo inoltre che i due laterali $n's'$, $n'''s'''$ siano fissi, e quello di mezzo mobile soltanto intorno al suo centro di gravità c. Ciò posto che sarà egli dell' ago centrale quando avrà preso una posizione qualunque sn? Ritornerà al primitivo suo posto per l' azione degli aghi laterali; e vi tornerà senza soffrire veruna spinta nel proprio centro di gravità; il che vale quanto dire, senza che il perno su cui s' intende girare, soffra altra pressione che quella dovuta al peso che sostiene. Ora da questo non è diverso il caso d' un' asta qualunque calamitata N S (*Fig.* 71 *bis*) in mezzo all' irraggiamento magnetico della terra, composto di raggi tutti quanti paralleli, e tutti che agiscono al di sopra di N S con forze eguali a quelle ch'essi esercitano al di sotto. Che se, ritornando per un momento ai tre aghi della figura 71, si supponga il superiore $n'''s'''$ men calamitato dell' inferiore $n's'$, allora sì che trovandosi nell' ago centrale $n''s''$, oltre la tendenza a mantenersi sulla linea $s'''n'$, l' altra eziandio d' avvicinarsi all' ago inferiore che lo chiama a se più che non fa il superiore, allora sì, ripeto, che il perno dell' ago centrale $n''s''$ avrebbe a soffrire una pressione più forte di quella dovuta al peso ond' è caricato. Ma non è questo il caso da applicarsi al magnetismo terrestre: è quello invece che si verifica nelle nostre piccole calamite, ove la forza de' raggi magnetici decresce sensibilmente da un punto all' altro. La differenza di cui si parla, si debbe alla sola circostanza del passaggio dal grande al piccolo; ed è propriamente in essa che sta il motivo per cui il magnetismo

terrestre non influisce in verun modo apprezzabile sul peso delle calamite, ad onta che non si possa pesare una calamita presso ad un' altra senza correre rischio d' assegnarle un peso molto differente dal reale.

Magnetismo naturale.

140. Si chiama così il magnetismo che le sostanze ferruginee acquistano per la sola influenza del magnetismo terrestre. Ma perchè questa influenza sia efficace, è egli necessario (come si crede generalmente) che le verghe di ferro o d'acciajo siano sdrajate lungo la direzione sud-nord de' meridiani magnetici? Io aveva sino a questi ultimi tempi divisa coi fisici l' opinione d'una tale necessità; ma ora il fatto non meno che la più stretta analogia mi persuadono del contrario. Il *fatto*; perchè qualunque sia il pezzo di ferro o d'acciajo F (*Fig.* 72) ch' io esplori presso ad un ago calamitato SN galleggiante sull' acqua, trovo dai movimenti di quest' indice che il pezzo F è calamitato secondo il senso degli aghi d' inclinazione $s'n'$. Basta osservare la figura per vedere che giusta il senso di quel magnetismo, l' ago NS debbe fuggire da F; essere attratto da F'; respinto da F'', e nuovamente attratto da F'''. Tali in realtà sono i movimenti che si presentano all' osservatore. L' *analogia* poi parla così forte in questa circostanza, che sembrerà strano come non siasi ascoltata prima d' ora. E diffatti dal momento che la terra esercita dovunque le funzioni d' una grande calamita, bisogna bene aspettarsi che le sostanze ferruginee ricevano da essa quel magnetismo di consenso, che si riscontra sulla limatura di ferro convenientemente appressata alle nostre piccole cala-

mite. So che si dirà che coll' allontanar la limatura dalle calamite, essa perde il magnetismo acquistato; ma a questa riflessione si risponde, che le masse di ferro e d' acciajo, grandi o piccole ch' esse si siano, non escono mai fuori della sfera d' attività del magnetismo terrestre, sicchè deggiono sempre calamitarsi secondo il grado di forza che risponde alla latitudine in cui si trovano.

Bisogna per altro confessare che questi gradi, quantunque ben distinti, pure esigono una certa precauzione per essere riconosciuti. Essa consiste nel tenere i pezzi di ferro (che si esplorano sull' ago N S) così distanti da quest' indice da agire col proprio magnetismo, non già con quello che sarebbero per ricevere dall' ago stesso quando vi fossero maggiormente vicini.

Dopo quest' avvertenza si rende inutile ogni altro suggerimento. Tutt' al più potrà giovare il pensiero di stabilire, in via d' epilogo, le seguenti tre massime.

I. Le sostanze ferrugine sono sempre calamitate; perchè quando non hanno un magnetismo proprio acquistato comunque, danno ricetto a quello della terra.

II. Questo magnetismo comunicato dalla terra segue la legge degli aghi d' inclinazione. Alla nostra latitudine, ove gl' inclinatorj segnano 70 gradi all' incirca, le masse di ferro, di qualunque forma e mole si siano, trovansi *al dissotto* polarizzate pel *nord*, e al *dissopra* polarizzate pel *sud*. Tali polarità, suggerite a dirittura dalla direzione *s'n'* degl' inclinatorj, non si rovesciano al rovesciarsi delle masse F. Il polo nord domina costantemente alla parte inferiore *nnn*: il sud alla superiore *sss*. È questo il carattere distintivo del magnetismo naturale.

III. Nelle sperienze alquanto delicate, l'influenza del magnetismo della terra diventa così sensibile da confondere i risultati, se non le si presta la dovuta attenzione.

I fenomeni del magnetismo occulto (Questione X) appartengono a questa classe. Io li cito non solo in via d'esempio, ma eziandio per dire ch'egli è appunto in quello studio che m'accorsi di tutta l'efficacia del magnetismo terrestre.

Cagione del magnetismo terrestre.

141. Le interpretazioni registrate nei tre articoli precedenti fanno chiaramente conoscere che i fenomeni dovuti all'azione magnetica della terra sono tali precisamente quali convengono alla legge dell'irraggiamento magnetico ingrandito quanto occorre per servire alle dimensioni del nostro globo. Ma questa legge non è un principio primitivo: è un effetto che dipende, nelle nostre calamite, da una certa circolazione che si compie d'intorno all'asse di que' piccoli sistemi. Che cosa dunque dovrem noi pensare della causa del magnetismo terrestre? Penseremo naturalmente che sia una circolazione. Ma chi darà la mossa ad una circolazione così estesa quale debb'essere quella da compiersi dentro il gran vaso della terra? È questa per verità la prima questione che si presenta allo spirito: pure prima di cercare qual possa essere il principio attivo della circolazione terrestre, convien circoscrivere il problema col togliersi dall'alternativa delle due specie di circolazioni che possono di prima giunta supporsi appartenere alla terra, e che distingueremo l'una col nome di *superficiale*, e l'altra col nome d'*interna*: intendendo per superficiale quella che di poco penetrasse entro le viscere della

terra; e per interna l'altra che si complesse là dentro a qualunque profondità. L'un caso, come si vede, è ben diverso dall'altro; e quindi molto preme di sapere quale dei due possa essere il caso reale per non perdersi in ricerche inutili sull' altro.

142. Fra le osservazioni dovute ai fisici che hanno seguito il minatore nelle più profonde scavazioni e l' areonauta nelle regioni più alte dell' atmosfera, vi ha pur quella la quale c' insegna che gli aghi magnetici conservano ovunque le proprietà di cui godono alla superficie della terra. Gli intervalli scandagliati non sono, è vero, gran cosa in confronto del raggio terrestre: ciò nullameno bastano a provare che la circolazione, a cui dobbiamo nello stato attuale delle nostre cognizioni attribuire il magnetismo terrestre, non è una circolazione che esista alla sola superficie della terra, quale sarebbe, p. e., se dipendesse dai cangiamenti di temperatura che il nostro globo soffre di continuo sotto la sferza dei raggi solari. Ed infatti i nostri aghi magnetici come si comporterebbero essi sotto l' influenza d' una circolazione così superficiale? Si rovescierebbero nel tragittarla, appunto come si rovesciano allorchè passano dalle parti esteriori alle interne d' uno o più anelli voltiani. Ora non solo gli aghi drizzano la stessa punta verso il nord a qualunque altezza o profondità si trovino, ma di più ve la drizzano con una forza, la quale non cangia di valore, almeno sensibilmente, dai luoghi più sotterranei ai più elevati. Si esageri pure quanto più piace, l' azione delle cause che agiscono sulla crosta della terra: si supponga pure, che su questa crosta si compia la circolazione più regolare che si conosca, quella dei circuiti voltiani, e si compia (importa notarlo) da quel lato

che conviene, quantunque la superficie della terra sia composta di sostanze così varie, così confuse, così inumidite da mancare ogni principio di ragion sufficiente per ritenerla capace di condur l' elettrico piuttosto da una parte che dall' altra. Con tutto ciò che avremo noi fatto? Avremo con ragioni non troppo plausibili convertiti i paralleli della terra in altrettanti anelli consimili ai circuiti termo-elettrici del Dottor Seebek, e poi assicurato al magnetismo terrestre una legge che non è punto la sua; una legge che invece d' agire nello stesso senso e colla stessa forza dai luoghi più bassi ai più elevati, varierebbe così rapidamente che un ago avrebbe sotterra una direzione opposta del tutto a quella che gli competerebbe al di sopra. Che si direbbe mai del pensiero di chi volendo spiegare il calore intestino della terra (1) ricorresse al calore del Sole? Si rifletterebbe in prima che l' influenza calorifica del Sole non si estende che a pochi piedi sotterra, e poi si conchiuderebbe essere la cagione proposta così sproporzionata a quel calore sotterraneo da non doversi fare sopra di essa il più piccolo conto. L' esempio quadra troppo al caso nostro per non vedere quanto sarebbe vano l' insistere davantaggio sull' idea di richiamare il magnetismo terrestre ad una circolazione che esistesse alla sola superficie della terra.

Esclusa quest' idea si presenta subito l' altra della circolazione interna. Ma che? Si dovrebbe forse seguire l' opinione di Halley, il quale non ebbe che a collocare nel centro della terra un

(1) *Vedi le prove di fatto relative a questo calore nella Memoria di M. J. A. De Luc inserita nel Tomo XVIII della Biblioteca universale.*

grosso nocciolo calamitato per ispiegare con esso la legge generale delle declinazioni ed inclinazioni magnetiche? Se ciò fosse, la circolazione interna a cui ci strascina l' esclusione delle correnti superficiali apparterrebbe a quel nocciolo, e verrebbe così sciolto il principal nodo della questione. Ma l'ipotesi d'una grossa calamita al centro della terra non ha verun fondamento: essa è così gratuita da non meritare alcuna confidenza in un'epoca, com'è la nostra, ove la marcia solida che ha preso la scienza, si debbe appunto alla filosofica risoluzione di non porgere ascolto a veruna conghiettura che non sia in qualche modo sostenuta da uno, o più fatti caratteristici. Da altra parte non è egli vero che la terra gira intorno al proprio asse? e se gira, non potrebbe questo suo movimento di rotazione determinare nella massa di fluido elettrico contenuto nelle sue viscere una circolazione analoga a quella che si compie dentro alle nostre piccole calamite? La conghiettura merita un esame severo non solo per l' oggetto che ci occupa, ma ben anche per altri argomenti di non minore importanza.

143. Per fissare le idee si cominci dal supporre la terra ONES (*Fig.* 73) immobile sul suo asse NS. Indi per ciò che risguarda la gran massa d' elettricità disseminata nelle viscere della terra, si osservi che l' oggetto della presente ricerca è così generale da non permettere che si abbia riguardo alla facoltà più o meno conduttrice dei differenti materiali ond'è composto il nostro globo. Bisogna sempre ricordarsi che le grandi vicende non possono derivare che da grandi cagioni, e che le grandi cagioni non soffrono, generalmente parlando, il confronto delle piccole. Così il gran fenomeno delle maree si compie in mezzo all' Oceano indipendentemente da quella moltitudine

di correnti e circostanze locali che alterano l'alterno ascendere e discendere delle acque presso alle spiagge de' continenti.

Ciò avvertito si tolga la terra ONES dallo stato d'immobilità in cui l'avevamo supposta, e poi si cerchi che cosa avverrà, per la rotazione diurna, all'elettricità terrestre considerata, siccome conviensi al caso nostro, sotto il suo punto di vista più generale, vale a dire come una gran massa di fluido capace di girare nel gran recipiente che la contiene. La ricerca, come si vede, è tutt' altro che nuova nel corso delle presenti questioni: ci siamo più volte occupati dello stesso studio, e particolarmente allorquando ci toccò di seguire gli accidenti dovuti alla forza centrifuga della circolazione interna delle calamite. (Questione VI). Dopo le considerazioni d'allora non ci resta che una sola cura da prendere; quella di rinnovarle sopra una scala proporzionata alla grandezza del nostro globo.

144. Gira, noi quindi rifletteremo, gira la terra intorno al proprio asse, e girando caccia in massa l'elettricità disseminata nelle sue viscere dall'asse di rivoluzione verso l'equatore ed i paralleli. Nasce per tal fuga una rarefazione, una specie di vuoto elettrico d'intorno all'asse NS (1). Questo vuoto contrassegnato nella figura dello spazio bianco si riempie appena che si forma; e chi lo riempie

(1) A proposito di questo vuoto, uno de' miei più dotti e degni amici, il conte *Paradisi*, mi fece riflettere che nel far fuggire l'elettricità dall'asse terrestre alle parti, io veniva a sciogliere quel fluido dai vincoli della gravità, di quella forza cioè che impedisce all'acqua, all'aria ec. di dissiparsi nello spazio mentre girano insieme colla terra. La riflessione è non meno giusta che interessante per le sue conseguenze. Le svolgeremo in seguito.

si è l'elettricità delle colonne polari N′N, S′S che vi precipita dentro. Ma appena riempiuto, il vuoto si rinnova per la causa ognor vigente della rotazione. Tale rinnovazione chiama del nuovo fluido dalle parti esteriori N′, S′; e queste lo somministrano, ma a spese di chi, poichè la somministrazione è continua? A spese dell'elettricità circostante la quale ripara alle proprie perdite coll'altra che dalla forza centrifuga è cacciata verso le alte regioni equatoriali O′O′O′, E′E′E′. L'elettricità in somma fugge dall'asse NS verso O′O′O′, E′E′E′, e di qui ritorna all'asse per la via dei poli N, S.

145. L'analogia di questo grandioso movimento col piccolo che si compie dentro le nostre calamite è manifesta (99). È chiaro inoltre che soltanto una circolazione del genere di quella che abbiamo or ora descritta può assicurare ai fenomeni del magnetismo terrestre quel carattere di permanenza e regolarità generale che li distingue. Ma non basta che la circolazione terrestre possegga in grande tutti gli attributi delle piccole: bisogna inoltre ch'essa si faccia secondo una certa direzione per rispondere all'equilibrio de' nostri aghi magnetici. Ora per vedere se la circolazione dipendente dalla rotazione diurna abbia la direzione conveniente è necessario di riflettere a quanto segue.

1.° Che la circolazione terrestre si farà d'occidente in oriente come la rotazione diurna. Sia, per fissar le idee, OE (*Fig.* 74) l'equatore terrestre, N il nostro polo nord, *o*, *e* le freccie che indicano la direzione del movimento diurno.

2.° Che questa direzione è patentemente contraria a quella del giro *abcd* che si compie dentro uno de' nostri aghi magnetici *sn*, drizzato che fosse sul polo nord.

3.° Che sebbene la circolazione *o e* sia contraria al giro *a b c d*, pure questo giro diventa una conseguenza necessaria del primo *oe* supponendo che l'ago *sn* compia il suo giro diurno più presto che non fa la circolazione elettrica *oe*. Infatti sinchè un anello *xy* (*Fig.* 75) è immobile sopra una corrente più veloce in *x'x*, che in *y'y*, nasce dentro di lui il noto giro di consenso *abcd* (23). Ma tosto che si suppone nel medesimo cerchio *xy* un movimento più rapido che quello della corrente in cui pesca, s' inverte in allora l'effetto per l'evidente ragione che la corrente più lenta agisce sull' anello più veloce, come se questo fosse fermo, ed essa gli venisse incontro dal lato anteriore *eo*.

4.° Che i giri *abcd* (*Fig.* 74) esistenti dentro i nostri aghi magnetici saranno i veri giri di consenso competenti alla circolazione *oe*, ogniqualvolta questa circolazione si compia in un tempo maggiore delle 24 ore spese nella rotazione diurna.

5.° Che l'acqua d'un vaso, fatto ruotare di un moto uniforme con una macchina qualunque, acquista ben presto la velocità necessaria a girare di conserva col vaso che la contiene. Ma se lo stesso vaso perdesse di continuo, mentre gira, una porzione della sua acqua, e di continuo riacquistasse dalla sua bocca quanto perde, p. e. dalla pancia; in allora la rotazione della massa fluida non verrebbe mai ad accordarsi col tempo della rotazione del vaso: sarebbe sempre in ritardo a motivo della necessità in cui si troverebbe di far parte della propria velocità al fluido che riceve di nuovo.

6.° Infine che questo è il caso preciso della circolazione dovuta alla rotazione diurna. La terra è il vaso che gira d'un moto uniforme; e l' elettricità il fluido che si rinnova dentro quel gran recipiente.

146. Volendo adesso riassumere alcune precedenti idee si fissi l'occhio sull'ago *sn* (*Fig.* 74) che supponsi corrispondere al polo Nord della terra. Quest' ago ha il suo giro *abcd* contrario al giro diurno *oe*. Gli aghi invece *s'n'* delle nostre bussole hanno il lor giro *a'b'c'd'* conforme per la direzione alla rotazione diurna. Questa corrispondenza annunciata sin dal principio della 1. questione nasce dal voltarsi che fa l'ago *sn* nel passare dal polo N all'equatore OE (*Vedi gli aghi d'inclinazione della figura* 67). Secondo M. Ampére il magnetismo terrestre dovrebbe a dirittura considerarsi *inverso* del magnetismo de' nostri aghi, dovrebbe cioè ripetersi da una circolazione di correnti che marciassero dall' est all' ovest in opposizione alla direzione ovest - est riconosciuta entro gli aghi magnetici *s'n'* (117, 3). Noi invece sostituiamo alle correnti *orientali* di M. Ampére una circolazione *occidentale*, ma non invertiamo per questo gli effetti; giacchè al ritenere quella circolazione più lenta del giro diurno vien dessa in grazia del suo *movimento relativo* ad agire sugli aghi magnetici come se procedesse realmente dall' est.

147. Ad onta di tutto questo rimangono due difficoltà da superare : l' una che colpisce la sola circolazione dovuta alla rotazione diurna; l' altra che è comune anche alla circolazione di M. Ampère.

La prima difficoltà tiene alla famosa questione se i fluidi sottili *calorico*, *luce*, *elettrico* ec. siano o no ponderabili. Supponete infatti che l' elettrico sia ponderabile, ed in allora il suo peso, la sua gravità gl'impedirà di fuggire dall' asse di rivoluzione NS (*Fig.* 73) alle parti : appunto come viene dalla gravità impedito all'aria, all' acqua ec. di dissiparsi nello spazio. Affinchè

dunque nasca d' intorno all' asse terrestre quel vuoto d' elettricità che dà per così dire la mossa alla nota circolazione bisogna necessariamente supporre che l'elettrico sia imponderabile, tale cioè da non avere nella gravità una forza centripeta che trionfi della centrifuga. La supposizione non ha per certo verun fatto che la smentisca: ciò nullameno si riferisce a un punto di dottrina che merita riflessione, e la merita al segno che nell' approfondirlo mi sembra d' esser giunto a dimostrare rigorosamente, che i fluidi sottili quantunque suppongansi soggetti al dominio della gravità, pure sono *assolutamente imponderabili*. La proposizione, non si nega, ha del paradosso. Se ne guardi dunque il leggitore; ma non giudichi che dopo d' aver consultata la Nota che si trova in fine di questa XI. Questione.

148. L' altra difficoltà è più importante ancora pel vincolo che la lega direttamente alla più grande di tutte le questioni; chè tale a giusta ragione può dirsi quella che si riferisce al modo con cui si conservano i gran movimenti del sistema planetario. Spieghiamoci. La terra gira intorno al proprio asse, e girando comunica una parte del suo movimento al fluido che si rinnova nel vuoto NS (*Fig.* 73). Questa rinnovazione è continua: continua dunque anche la perdita del movimento diurno. La stessa conclusione vale per la circolazione di M. Ampère la quale facendosi d'oriente in occidente tende a diminuire la rotazione diurna che si fa pel verso contrario d' occidente in oriente. Ecco il motivo per cui questa seconda difficoltà colpisce amendue le circolazioni.

So che il modo più facile di liberarsi da questa nuova obbjezione sarebbe quello di dire che il movimento perduto dalla massa terrestre in grazia della circolazione generale è insensibile,

appunto come si presume inapprezzabile la resistenza che soffrono i pianeti nel percorrere le loro orbite attraverso del fluido etereo, e degli altri fluidi sottili che possono essere disseminati nello spazio (1). Ma so altresì che col dichiarare insensibili le resistenze sofferte dalle grandi masse attraverso de' fluidi sottili non si ripara punto al pericolo che minaccia il sistema planetario: non si fa altro che allontanare l'epoca dello sconcerto, l'epoca in cui quelle resistenze, ora insensibili, diverranno, sommate insieme per lungo tratto di tempo, abbastanza grandi da non riconoscere più ne' secoli futuri il sistema de' nostri giorni. Non bisogna illudersi; nè tampoco credere che si possa assicurare alle grandi masse quella marcia che hanno attualmente col negare l'esistenza d'un fluido universale, sperando così di escludere qualunque causa di disordine. Imperocchè quand'anche un tal fluido fosse altrettanto inutile quanto è indispensabile per chi vede la luce propagata per vibrazioni (2), e trova in esso quella pres-

---

(1) L'elettrico va egli compreso in questo numero? Credo che si avrebbe gran torto ad escluderlo. Che cosa è infatti il vuoto pneumatico rispetto all'elettricità? Uno de' migliori conduttori di un tal fluido. Ora per qual ragione quel qualunque siasi vuoto che esiste al di là dei limiti sensibili della nostra atmosfera non sarebbe desso pieno d'elettricità come n'è piena la terra? L'elettricità, suolsi dire, passa dal suo *gran serbatojo*, la terra, all' atmosfera, e di qui ritorna alla terra. Ma come mai vi ritornerebbe essa se il così detto vano de' cieli non la rifiutasse dal suo seno, per esserne già pieno (lo dirò con una frase chimica) *a saturazione?* Togliete quest' ultima condizione, e la terra sarà un serbatojo d'elettricità così infelice come lo è un vaglio per contenere dell'acqua.

(2) La massima che *la luce si propaghi come il suono*, va ogni giorno acquistando maggior credito e numero di

sione che può impedire la dissipazione de' cosi detti fluidi imponderabili, quand'anche, io ripeto, si potesse, come non si può, abbandonare impunemente l'idea d'un veicolo universale, sarebbe pur sempre vero che toccherebbe in allora al Sole la cura d'inviarci dal suo seno la luce con una velocità che spaventa l'immaginazione. Ora un' emissione di tal sorta non basta ella da se a sconcertare l'ordine generale del sistema, sia col rendere sempre più piccola la massa solare, sia collo spingere al di fuori delle loro orbite i pianeti contro cui urta cammin facendo? So che si ricorre al riparo dicendo che la luce è d'un esilità senza esempio; ma questo rimedio non vale niente più del ripiego di chi s'affatica a rendere *insensibile* la resistenza del fluido universale a furia d'immaginarlo raro e sottile quanto più si può. E poi come liberare Mercurio, Venere e la Terra dalla resistenza della *Luce zodiacale* che oltrepassa i confini dell'orbita terrestre? Nel sistema delle vibrazioni, questa luce non imbarazza lo spazio dove comparisce, più di quel che faccia il solito fluido universale a cui s'addossa l'in-

---

seguaci: essa finirà ben presto, non ne dubito punto, per essere abbracciata da tutti i fisici; perchè potrà ben rimanere in questi qualche motivo di dissensione intorno al modo di concepire la *propagazione delle onde luminose*, ma non mai sulla massima fondamentale, reclamata non meno dall'evidenza de' fatti che dalla forza della ragione.

Penso adesso ad una serie d'esperimenti, i quali se riescono, come spero, dovrebbero fissare in un modo non equivoco il meccanismo delle onde luminose. Non son troppo persuaso del *principio delle interferenze* di Young, seguito da M. Fresnel. Mi sembra più semplice e naturale l'altro che ho adottato io nel mio trattato d'Ottica (Milano 1820). Ma ciò sia detto di volo, ed unicamente per avvertire che intendo di ridurre ad una *questione di fatto* la differenza che passa fra il modo di vedere di M. Fresnel e il mio.

carico di generarla vibrando (1); ma nel sistema dell' emissione non potrebbe quella luce essere che una luce riflettuta od emmessa da qualche materia, la quale per la sua densità resisterebbe ai pianeti obbligati a traversarla maggiormente del semplice fluido etereo.

149. Tutto questo parmi così evidente che non saprei come si potesse fuggire da una di queste due conseguenze: o il sistema planetario non può conservarsi DA SE in uno stato permanente; oppure il fluido universale, a cui non conviene per verun conto rinunciare, giuoca una parte ATTIVA là dove si suppone che ne eserciti una *passiva*. Noi abbiamo, p. e., dedotta la circolazione magnetica della terra dalla rotazione diurna. In tal caso quella circolazione è un *effetto*, il quale per mantenersi indefinitamente esige che la terra acquisti tanto movimento, quanto ne comunica al fluido che circola in grazia sua. Ma se la circolazione di cui si parla invece di essere un *effetto* della rotazione diurna, ne fosse la *causa*, in allora cesserebbe, almeno così mi pare, il bisogno de' compensi, perchè il meccanismo della rotazione sarebbe regolato da una forza in azione continua, che non verrebbe mai meno, la spinta del fluido in circolazione. Ma togliamoci una volta da questo spinoso argomento, persuasi d'aver detto quanto basta onde mostrare il grave torto che si avrebbe ad occuparsi superficialmente del magnetismo terrestre. Le grandi vicende hanno tutte una strettissima connessione fra loro. Una nasce per così dire nel seno dell' altra. La somma delle cose sta nello scoprire la prima. Ma chi oserà penetrare tant' oltre?...

---

(1) Una delle Questioni che seguono, la XV, è destinata a questo fenomeno.

NOTA ALLA QUESTIONE XII.

Sull' imponderabilità de' fluidi sottili.

Due sono le proprietà essenziali di questi fluidi; l'una d'essere così sottili da passare più o meno facilmente attraverso tutti i corpi; l'altra d'essere *elastici per se stessi*, vale a dire composti di elementi i quali tendono a scappare gli uni dagli altri. Questa tendenza chiamasi per brevità *ripulsione*, e *ripulsivi* quindi gli elementi materiali che la posseggono.

Se non esistesse nel nostro pianeta che un solo elemento ripulsivo, e che questo elemento obbedisse alla legge della gravità come la materia ordinaria de' corpi, si vede subito dove andrebbe a collocarsi per essere in equilibrio: discenderebbe sino al centro della terra, sino a quel punto cioè dove vien meno l'azione della gravità. Sia TT' (*Fig.* 76) la terra ed m l'elemento di cui si parla, collocato al centro de' gravi. Ciò posto supponiamo che esistano sopra un diametro terrestre due altri elementi M', M'' della stessa specie di m, e poi si cerchi dove andranno a situarsi per essere anch'essi in equilibrio. Attratti dalla massa terrestre discenderanno verso il centro m; ma non giungeranno precisamente a questo punto, perchè esso è già occupato dall'elemento m. Si fermeranno in m', m'' così vicini ad m che la loro reciproca ripulsione combinata con quella di m equivalga il piccol resto di gravità che agisce sopra di essi, e che consiste nell'attrazione della sferetta del raggio $mm' = mm''$ (1).

Fissate le idee sull'equilibrio dei due elementi m', m'', che cosa diremo noi di tutti gli altri che possono essere disseminati dentro e fuori delle viscere della terra? Diremo che ciascun di loro sarà in equilibrio quando l'elasticità o ripulsione di quelli che sono sotto di lui, compenserà esattamente l'effetto della gravità. Ora a che mai si riduce la tendenza di quegli elementi al centro de' gravi? A nulla. Ma in che consiste egli il peso d'un corpo? Nella sua tendenza verso quel centro. Dunque i fluidi

(1) *Newton.* Princ. Nat. Sectio XII. Prop. LXX.

sottili in cui una tale tendenza è distrutta dalla loro elasticità, saranno *assolutamente imponderabili.*

Questa dimostrazione non ha bisogno d'essere meditata molto per accorgersi dell'errore in cui si cadrebbe ad estenderla ai nostri fluidi ordinarj. Supponete per un momento di non avere sulla superficie della terra che due molecole, l'una d'aria e l'altra d'un fluido sottile. La prima rimarrà sostenuta dal corpo a cui è applicata: non così la seconda che per la sua sottigliezza passerà da strato a strato sino al centro della terra. Riempite adesso tutto questo intervallo di elementi sottili per modo che un nuovo elemento collocato al posto di quello che supponiamo disceso al centro della terra, non possa più discendere per la reazione degli elementi inferiori. Sarà questo nuovo elemento distante dal centro della terra come la molecola aerea, e saranno l'una e l'altra egualmente in equilibrio: ma l'equilibrio della molecola è ben diverso dall'equilibrio dell'elemento. La molecola aerea non discende perchè non può passare attraverso del piano materiale che la sostiene; ma se non discende, conserva bene la tendenza a discendere; tendenza che costituisce il suo peso. L'elemento invece che potrebbe discendere per la sua sottigliezza, non discende più perchè la sua tendenza a discendere è contrabilanciata dall'elasticità degli elementi inferiori. Poco importa nella presente indagine di saper da qual principio i fluidi aeriformi traggano la loro elasticità: ciò che preme si è di non confonderli co' fluidi sottili, perchè questi ultimi hanno nella loro sottigliezza una circostanza che li distingue essenzialmente da tutti gli altri.

Sono noti i numerosi tentativi che si fecero in epoche diverse per sapere se il peso de' corpi si alterava o no sotto l'azione del calore. È noto inoltre che la questione prendeva di mira un fatto così difficile da verificare, che si era ancora discordi nelle opinioni sul finire del secolo. Fu propriamente Rumford, il quale con una sagacità e costanza a tutta prova giunse non solo a scoprire la sorgente delle altrui illusioni, ma di più a conchiudere che = *tutti gli sforzi, tendenti a scoprire un' influenza del calore sopra il peso de' corpi, sarebbero stati inutili* (1). = Ma questa

(1) Recerches sur le poids attribué à la chaleur ... *Bibl. Brit.* Tom. XIII.

conclusione di fatto poteva tanto sussistere nel caso in cui il calorico fosse assolutamente imponderabile, quanto nell'altro, in cui pesasse così poco da sfuggire, accumulato nella più grande abbondanza, alla sensibilità delle nostre più squisite bilancie. Gli esperimenti dunque relativi a questa ricerca garantivano, è vero, ai fisici il diritto di trascurare impunemente l'influenza del calorico sul peso de' corpi, ma lasciavano il meccanico nel primitivo stato d'incertezza. Anzi, mi sia permesso il dirlo, restava persino in forse se si fosse fissato bene l'oggetto delle esperienze. Infatti qual è il calorico che s'intendeva di pesare alla bilancia? Il calorico *latente* di Blak, quello cioè che l'acqua abbandonava all'atto della sua congelazione (1). – Ma in che differisce egli il calorico latente dal calorico che si dice *libero* o termometrico? – Il loro nome lo indica abbastanza: il primo si nasconde al termometro, non il secondo. – Ma a che serve mai questa distinzione sul proposito della questione del peso del calorico? – Serve in quanto che a niuno è mai caduto in mente il pensiero di pesare il calorico libero che non si può mai nè rinchiudere dentro un vaso, nè estrarre da uno spazio qualunque. – Sta bene che non si possa pesare il calorico libero, ma non s'intende ancora come si possa pesare il latente. – Ajutiamoci con un esempio. L'acqua contiene sempre un po' d'aria imprigionata nelle sue viscere. Che si pesa dunque, quando si pesa dell'acqua in mezzo all'aria? Si pesano insieme colle molecole acquee anche le aeree imprigionate dentro le prime, e si pesano indipendentemente dall'aria esteriore. Or bene, assomigliamo il calorico libero all'aria libera dell'ambiente ed il calorico latente all'aria impegnata nell'acqua, ed intenderemo il motivo per cui nelle esperienze relative al peso del calorico non possa prendersi di mira che il calorico latente. – Ma adagio un poco che il paragone non è forse così giusto come pare a prima vista. Infatti qualunque sia il grado d'elasticità spettante all'aria imprigionata nell'acqua, bisogna in ogni modo supporre che quest'aria imprigionata non comunichi punto coll'aria esteriore: altrimenti

(1) Una libbra di ghiaccio a 0° di Reaumur mescolata con una libbra d'acqua a 60° si fonde dentro di questa, e fusa che sia si trovano le due libbre di acqua liquida a 0°. Egli è a que' 60° di calore perduti pel termometro che Blak diede il nome di *calorico latente*.

se comunicasse, il suo peso non andrebbe ad aumentare quello della massa d'acqua. Ora che diremo noi del calorico latente? Diremo forse che come l'aria impegnata nell'acqua ha negli strati di questo liquido le pareti che la separano dall'aria esteriore, così il calorico latente è diviso dal libero da una tramezza che toglie a quest'ultimo la libertà di comunicare col primo? Niuno, voglio credere, sarà per dare consistenza all'idea singolare di questa parete immaginaria. Dunque?... Dunque il calorico latente, comunque concepito, nuoterà nel calorico libero, e se vi nuoterà, non sarà niente più pesabile di quest'ultimo.

Io ho voluto riferire tutta questa specie di dialogo, onde mostrare che fu, almen così credo, una pura illusione cagionata dalla parola *latente* che sostenne i fisici nell'impresa di pesare il calorico. Rumford scoprì tutte le illusioni di fatto: una ve ne era di dottrina a cui non pose mente. Valeva dunque forse la pena di parlarne in questa nota.

XIII. QUESTIONE.

Sulle aurore boreali.

150. Quali sono le principali circostanze da valutarsi in questo grandioso fenomeno? Quattro, cioè:

1.° Il luogo dell'ordinaria sua apparizione il quale è, come tutti sanno, verso le regioni polari.

2.° La sua altezza ben lontana dall'essere circoscritta dentro i limiti sensibili della nostra atmosfera (1).

---

(1) A riserva delle ultime osservazioni estratte dal viaggio del Cap. Franklin alle regioni polari dell'America settentrionale (*Bibl. univ.* T. XXIII. pag. 182), a riserva, dico, di tali osservazioni, le quali pongono la luce delle aurore all'altezza di sei a sette miglia, tutte l'altre più

3.° La qualità della sua luce che è limpida e trasparente, e di mille colori che variano ad ogni momento.

4.° Infine la sua influenza sugli aghi delle nostre bussole, i quali non tralasciano mai d' agitarsi, ogni qualvolta una di quelle meteore comparisce fra noi.

151. Tali sono le particolarità caratteristiche d' un fenomeno, che si va da gran tempo attribuendo all' elettricità. Dividiamo pure, e di buon grado, quest' opinione colla miglior parte de' fisici; ma nello stesso tempo non tralasciamo di chiedere quale de' principj conosciuti può egli mai assicurare alle regioni polari tanta affluenza d'elettricità quanto basta per la generazione delle aurore? Basta io credo, pensare all' altezza ove si spinge quella luce per convincersi, che niuno de' principj di meteorologia elettrica arriva ad estendere il suo dominio tant'oltre. Mentre infatti questo dominio è circoscritto alle regioni più basse dell'atmosfera, la luce delle aurore si spande sulla volta celeste alla distanza di centinaja di miglia dalla superficie della terra. Noi abbiamo già detto all' occasione del magnetismo terrestre che i grandi fenomeni non possono esser originati che da grandi cagioni. Le aurore boreali appartengono a questa classe;

---

antiche trasportano il fenomeno al di là de' confini sensibili dell' atmosfera. Le aurore più basse furono calcolate all' altezza di 50 a 60 miglia: ma la maggior parte si riscontrarono ad altezze molto più considerabili. L' altezza media delle aurore descritte da Mairan ascende a 165 leghe (*Traité physique et historique de l' aurore boreale* Chap. III). Sul principio della presente questione non si terrà conto che delle grandi elevazioni: in seguito poi si avrà il dovuto riguardo alle piccole altezze riferite dal Cap. Franklin.

nè certamente è possibile di soddisfare alle circostanze di quell'imponente spettacolo senza ricorrere ad un movimento d'elettricità non meno straordinario per la sua mole, che rimarchevole per la sua corrispondenza coi poli del mondo.

152. Il magnetismo terrestre esige un movimento di questo genere. Quello che noi gli abbiamo assegnato nell'analisi della questione precedente, consiste in una circolazione determinata a modo di quelle che nascono nei fluidi ruotanti d'intorno ad un asse. L'elettricità terrestre fugge in massa dall'asse di rotazione SN (*Fig.* 73) verso le regioni equatoriali O'O'O', E'E'E', e di quì ritorna all'asse del globo per la via delle regioni polari S'S, N'N. Così in allora stabilimmo dover procedere la circolazione che veste la terra delle proprietà magnetiche. Ora che faremo noi a prò delle aurore boreali? Forse una qualche aggiunta od innovazione a quel movimento generale? Nè l'uno nè l'altro; perchè l'elettricità che si versa dall'alte regioni equatoriali O'O' E'E' sulle polari P', N', rende agli occhi nostri così esatto conto delle aurore boreali che non sapremmo in verun modo immaginarsele fuori di quel versamento. Ed in realtà che cosa vengono ad essere le regioni polari, se non se due luoghi ove concorre tutta l'elettricità terrestre dopo essere stata cacciata verso le zone equatoriali dalla forza centrifuga della rotazione diurna? Or bene chi non sa che l'elettricità diventa luminosa là dove si raccoglie in quantità sufficiente? Ma si parli à dirittura il linguaggio che conviene allo stato attuale delle nostre cognizioni. Si dica senz'alcun mistero: la luce si propaga per vibrazioni, nè all'elettricità incombe altro uffizio fuori che quello di far vibrare il fluido luminoso, dovunque essa lo colpisca con un certo grado di forza. Forse

lo stesso fluido della luce non è essenzialmente diverso da quello dell' elettricità; ma identico o no poco importa per il soggetto che ci occupa attualmente. Ciò che preme si è di farsi un' idea giusta dei movimenti che rispondono al passo angusto delle zone polari. Osserviamo due maestose riviere nel luogo dove si confondono insieme, e dalla bizzaria delle onde, e degli increspamenti che l'acqua ivi concepisce, argomentiamo le stravaganze de' movimenti vibratorj che spettano al fluido della luce nella circostanza d'uno sconvolgimento consimile. Indi coll' immagine di così varie e moltiplici vicende, di così fuggitive e sempre rinascenti combinazioni di onde luminose trasportiamoci al segno d' averne colpito l' organo della visione, e poi tralasciamo, se pur è possibile, di ravvisare in un meccanismo di tal genere la cagione dello spettacolo che s' offre l' inverno allo sguardo degli abitatori del settentrione. „ Se la „ terra, dice Maupertuis parlando della Lapponia, „ è orribile allora in quei climi, il cielo presenta „ all' occhio i più deliziosi spettacoli. Appena le „ notti cominciano a farsi oscure, che fuochi di „ mille colori e di mille figure rischiarano il cie- „ lo, e sembrano volere compensare dell' assenza „ del sole quelle contrade accostumate ad un „ giorno continuo nel rimanente dell' anno. " . . . Se non ci trattenesse il timore di offendere con un piccolo confronto la maestà di così grandioso fenomeno, noi lo paragoneremmo al grazioso giuoco dei *Caleidoscopj*. In questi strumenti sono le pietruzze vario-colorate che nel combinarsi in mille foggie differenti, mille rappresentano instabili figure: là, sulla volta celeste, egli è l' ingorgamento della circolazione generale che ve le semina a piene mani.

153. Ma questa specie di vortice luminoso non si mantiene sempre sul confine delle zone polari. Qualche volta cresce la piena delle correnti al passo angusto dei poli: di quì rifluiscono indietro a grossi cavalloni, spandendo un lago di luce sopra tutto quel tratto di terra che risponde alla loro direzione.

Nè questa è la sola grande vicenda che debba aspettarsi da un concorso straordinario d'elettricità ai poli: vi ha pur l'altra dell' agitazione degli aghi da bussola. Da null' altro infatti possono essere agitati quegli aghi se non che da una fluttuazione analoga nella causa che li tiene rivolti verso il nord. Ora una tal causa consiste appunto nella circolazione generale, in quella massa cioè d' elettricità la quale, allorchè ritrova un intoppo straordinario al polo, rigurgita indietro scuotendo se non tutta quanta la massa in circolazione, quella parte almeno su cui si risolve il rigurgito apportatore dell' aurora sopra una delle nostre contrade meridionali. Quando poi cessa il rigurgito, tutto rientra nell'ordine primitivo: l'aurora sparisce e gli aghi si equilibrano stabilmente (1).

154. Noi ci siamo sin dal principio di quest' argomento appoggiati alla circostanza della grande elevazione delle aurore per allontanarci dall' idea di attribuire quel grandioso spettacolo ai principj ordinarj dell' elettricità atmosferica. Ora intendiamo di ritornare alcun poco sul soggetto di quell'

(1) Sin qui lo sviluppo della questione è sostanzialmente conforme alle idee che pubblicai nell' Art. VIII. del mio Trattato del Magnetismo (Modena 1822). Tali idee si sono riprodotte in questo luogo colla lusinga che l' esperimento della luce elettro-magnetica (Questione VIII) le tolga dal novero di semplici conghietture.

elevazione per mostrare come si possano conciliare colle antiche osservazioni le recentissime fatte nel 1819, 1820, 1821 all' occasione del viaggio del Capitano Franklin. Queste ultime osservazioni non assegnano alle aurore vedute a *Cumberland-House* (lat. 53° 56′ N. long. 102° 16′ O.) ed a *Fort-Enterprize* (lat. 64° 28′. long. 113° 6′,) un' altezza maggiore delle sei alle sette miglia: al contrario fra le antiche misure niuna ve ne ha minore delle 50 alle 60 miglia. La sproporzione, come si vede, è così enorme da gettare a prima vista in un certo imbarazzo. Pure al momento in cui si riflette che le antiche osservazioni furono per la più gran parte eseguite in Europa da Copenaghe, Pietroburgo e Torneo sino a Parigi, Ginevra e Roma, e le nuove in America, si accorge subito dell' errore in cui si cadrebbe a credere senz' altro in opposizione le antiche misure colle più recenti; poichè può darsi benissimo che le aurore sieno *basse* in un luogo ed *alte* in un altro. Anzi stando alle idee poc'anzi esposte, bisogna necessariamente che le aurore squarcino per così dire la regione delle nubi là dove le correnti della circolazione generale si riuniscono per precipitare dentro le viscere della terra. Supponiamo per un momento che questa concentrazione risponda al luogo preciso dei poli del mondo; ed avremo in allora la luce delle aurore bassissima dentro il circolo polare e via via sempre più alta sui paralleli più meridionali. Ma se il nocciolo (si perdoni la frase) delle aurore si supponga uscire fuori delle zone polari, e cadere sul continente d'America a non molta distanza da *Fort-Enterprize*, avremo in tal caso alzata la regione delle aurore sulle latitudini di Europa e di Asia, ed abbassata invece sulle latitudini corrispondenti d' America. Quivi le aurore cadranno nella regione delle nubi conforme

alle osservazioni del Capitano Franklin: colà invece si alzeranno oltre i confini dell' atmosfera, siccome assicura la serie di tutte le altre osservazioni. Nè già si dee riputare del tutto ipotetica l'idea che il polo magnetico boreale sia così vicino alla posizione di *Fort-Enterprize* da render quivi le aurore basse al segno d' essere vedute nella regione delle nubi; perchè in quel luogo l' inclinazione dell' ago magnetico è già di 86.° 58′ (1). Se fosse di 90,° segnerebbe la posizione precisa del polo magnetico: differendo di pochi gradi, indica che un tal polo non è di là molto lontano.

155. Ma le ultime osservazioni, rifletterà qui taluno, non si limitano a fissare per le aurore un' altezza di poche miglia: servono eziandio a provare che quelle grandi meteore dipendono dalla presenza delle nubi (2). Quantunque io non conosca il dettaglio di tutte le osservazioni che stabiliscono una tale dipendenza, pure mi persuado assai facilmente che nelle regioni vicine al polo magnetico deggiano le nubi servire, dirò così, di veicolo alla luce delle aurore boreali, la qual luce, se non è prodotta da uno degli ordinarj disequilibrj d' elettricità, non cessa per questo d' essere una luce originata da un fluido, che ritrova nelle masse di vapore una via per cui si diffonde meglio che non fa per l' aria atmosferica. E poi non è egli vero che la luce elettro-magnetica delle nostre piccole spirali (108) si sviluppa tanto più facilmente quanto le spire sono meno isolate? Or bene che cosa è alla fine la luce delle aurore se non se una luce elettro-magnetica la quale ritrova nelle nubi un mezzo che ne facilita lo sviluppo?

---

(1) *Bibl. Univ.* Tom. XXIII. pag. 188.
(2) *Bibl. Univ.* Tom. XXIII. pag. 183, e 184.

Le aurore che compariscono fra noi agitano vivamente gli aghi delle nostre bussole (153). Non così le aurore osservate nel viaggio del Capitano Franklin, le quali imprimono negli aghi un movimento che non è nè subitaneo nè vibratorio. L' ago devia a poco a poco, come a poco a poco se ne ritorna alla sua prima direzione dopo la scomparsa dell' aurora (1). Non v' ha dubbio; tanto le deviazioni brusche ed irregolari come le più lente e regolari indicano un' alterazione nel corso ordinario della circolazione generale. Ma la dottrina che suggerisce ella sulla differenza di que' due movimenti? Dice che mentre il primo, cioè il più raro e bizzarro, va ripetuto dai cavalloni di rigurgito prodotti da un concorso straordinario d' elettricità al polo (153), l' altro più frequente e tranquillo si debbe attribuire ad uno sconcerto molto minore, quale appunto sembra quello cagionato dalla presenza delle nubi, di quelle masse cioè di vapori su cui si scarica buona parte di quell' eccesso d' elettricità che la circolazione generale versa sulle regioni polari.

156. Dopo tutto questo non rimangono che due riflessioni da fare, l'una relativa al conteso *fischio delle aurore*, l' altra che concerne la posizione, molto interessante, di *Fort-Enterprize*. Rapporto al primo dei due oggetti è subito da sapersi, che altri vogliono, come Mairan e Patrin, che lo spettacolo delle aurore si compia nel più grande silenzio; e citano in prova le numerose loro osservazioni, e quelle di altre persone che hanno lungamente soggiornato nel Groenland ed in Islanda (2). Altri invece sostengono che le aurore sono tal-

(1) *Bibl. Univ.* Tom. XXIII. pag. 184.
(2) *Bibl. Brit.* Tom. XLV. pag. 98, et suiv.

volta accompagnate da un fischio consimile a quello d'una palla da moschetto. Dai ragguagli, p. e. dell'ultima spedizione del Cap. Franklin risulta che sarebbe un portare lo scetticismo ai confini dell'assurdità a dubitare ancora d'un suono sentito da alcuni Ufficiali di quell' equipaggio, e sostenuto dalla testimonianza unanime degli abitatori di quelle contrade (1).

In quanto a me crederò assai facilmente tanto a chi ha sentito quel fischio come a chi non lo ha sentito; perchè questa è tale circostanza da accompagnarsi a quella sola classe d'aurore che cade dentro la regione delle nubi; classe a cui certo non appartengono le altissime osservate da coloro, i quali, come M. Patrin, negano assolutamente il fatto assistiti dal principio che non si genera suono là dove manca il suo veicolo, cioè a dire l'aria atmosferica (2).

Circa poi alla posizione di *Fort-Enterprize* è da notarsi che questo luogo si trova alla latitudine di 64.° 28 N, vale a dire più di 25° lontano dal polo nord. Eppure secondo i fatti superiormente accennati non dovrebbe *Fort-Enterprize* essere molto distante dal polo magnetico boreale. Noi già avvertimmo sin dal principio della questione sul magnetismo terrestre, ch'era probabilissima cosa che l'asse magnetico fosse inclinato all'asse astronomico. Ma ora non solo si sente la necessità d'una tale inclinazione; si ha inoltre motivo di crederla maggiore di quella che supponsi ordinariamente di 12.° all'incirca (3). Ma la circolazione generale, causa del magnetismo

(1) *Bibl. Univ.* Tom. XXIII. pag. 192, e 194.
(2) *Bibl. Brit.* Tom. XLV. pag. 98.
(3) *Biot. Traité de Physique.* Tom. III. pag. 128.

terrestre, non nasce ella dalla rotazione diurna? e se nasce da questa rivoluzione, com'è mai possibile che il suo asse declini tanto dall' asse terrestre? Molte sono le cagioni capaci d' influire sopra la deviazione di due assi, i quali non coincidono nemmeno nelle nostre calamite più regolari. Si sa, p. e., quanto sia difficile, per non dire impossibile, di trovare un cilindro calamitato d'una certa grossezza, il quale non presenti i suoi due poli sopra una linea sensibilmente inclinata all'asse del cilindro medesimo. Ora tale difficoltà quanto mai non cresce ella nel caso del magnetismo terrestre, dove si tratta d'una circolazione, che si compie dentro un vaso composto di parti così varie e così confuse come son quelle che costituiscono il nostro globo? Non pare, a dir vero, che in mezzo a un tanto disordine possa mancare il modo di giustificare le più grandi anomalie. Ma ciò sia detto di volo, perchè questo soggetto è vago e conghietturale al segno di doversi abbandonare se non per sempre, almeno sintanto che le osservazioni abbiano, con sufficiente precisione, fissato il luogo dove cadono i due poli magnetici della terra, ed abbiano inoltre sciolta la questione se que' due punti hanno sul globo una posizione stabile, oppure se variano di posto coll' andare del tempo. La dottrina non può supplire a mancanze di questo genere: è già molto se vale a dirigere i fisici ed i viaggiatori nella serie d' osservazioni che rimangono da farsi, e se raccoglie sotto un solo punto di vista quanto sappiamo di positivo intorno all' imponente spettacolo delle aurore boreali.

XIV. QUESTIONE.

Sul calore interno della terra.

157. La temperatura varia alla superficie della terra secondo le stagioni. Queste variazioni meritano propriamente il nome di *superficiali*, dacchè s'estendono ben poco sotterra. Questa distanza è, come tutti sanno, di dieci piedi all'incirca; e il calore che risponde a tale profondità, eguale a un dipresso in ogni tempo a quello dei dieci gradi del termometro di Reaumur. Passato un tal limite la temperatura cresce ognora più, vale a dire che a misura che ci sprofondiamo d'avvantaggio, troviamo un calore sempre maggiore. Le osservazioni termometriche raccolte da M. De Luc non pare che lascino a questo riguardo alcun dubbio (1).

L'opinione d'un fuoco centrale rimonta ai più remoti tempi. Ma con che mantenere un tal fuoco in un sito privo d'aria e di combustibile? - La cosa è impossibile, disse Gassendi; è il fuoco centrale un fuoco immaginario. I fuochi sotterranei quali sono quelli de' vulcani, dell' acque termali ec. non appartengono a un centro comune; hanno ciascuno il proprio centro collocato là dove hanno il proprio alimento. - Sia pur vero che ove manchi l'alimento delle sostanze combustibili, non possa aversi un vulcano, una sorgente d'acque termali ec. ma non è di questi centri particolari di calore che vuolsi parlare nel presente luogo. La questione cade sulla temperatura del globo, la quale, ovunque si è scandagliata, si è rinvenuta crescere molto sensibilmente dall'alto al basso. Finchè mancava la serie delle

(1) *Bibl. Univ.* Tom. XVIII.

osservazioni, poteva benissimo ritenersi che non esistesse sotterra altro fuoco che quello delle ordinarie combustioni; ma ora che non pare più permesso di dubitare che il calore del globo cresca dalla circonferenza al centro, bisogna piuttosto che scansarsi dalle conseguenze immediate delle osservazioni, ricercare una causa proporzionata a un tanto effetto.

158. Noi abbiamo poc'anzi veduto come la gran luce delle aurore boreali nasca in seno ad uno spazio ove non può sicuramente presumersi la presenza d'alcun corpo infiammabile. Ora è da vedere se mai il calore della terra si mantenesse a quel modo stesso con cui si mantengono que' laghi di luce, vale a dire senza il minimo dispendio di sostanze combustibili. Già le risorse della combustione, come puranche quelle de' processi chimici, sono in questo caso così meschine che non conviene parlarne. Da altra parte non è egli vero che la terra è magnetica in grazia di tutta la sua elettricità, che circola là dentro scappando dall' asse di rivoluzione alla circonferenza? Or bene che cosa è questo movimento di fuga se non se una forza che comprime il calore intorno della terra, e l' obbliga a manifestarsi a quel modo stesso con cui si palesa nel comprimere bruscamente l'aria d'un acciarino pneumatico? Ma come, potrebbe chiedere taluno, tornerà alla terra il suo calore una volta spremuto dall' elettricità che fugge dall' asse di rotazione? Risponderà per noi la nota esperienza del cannone di Rumford: o il calore nasce da una semplice agitazione di parti; e quest'agitazione non manca mai: o il calore procede da un fluido che scappa via dai luoghi dov'è più denso, ai luoghi dov'è più raro; ed in allora quel fluido, ritornerà alla terra per la via del suo asse.

XV. QUESTIONE.

Sulla Luce zodiacale.

159. Prolunghiamo indefinitamente nello spazio il piano dell' equatore solare. Supponiamo in seguito questo piano tutto quanto illuminato oltre i confini dell'orbita terrestre; ed avremo in una tal luce la *luce zodiacale*, che si presenta all'occhio dell' osservatore in forma *lenticolare*, in forma d' un cerchio visto di fianco, p. e., come l' anello di Saturno quando è molto schiacciato.

Se l' altezza d' alcune centinaja di leghe a cui comparisce la luce delle aurore boreali, è tale da convincerci che quella luce nasce in mezzo al più perfetto de' vuoti pneumatici, a molto maggior ragione la prodigiosa distanza a cui si spinge la luce zodiacale ci convincerà che questo chiarore non ha punto che fare coll' atmosfera solare. Parmi assai strano come un fenomeno così grandioso non abbia da se solo bastato a persuadere che la luce non è una sostanza emmessa dal Sole; imperocchè, secondo la *dottrina dell' emmissione*, non potendo un luogo comparire illuminato che per luce emmessa o riflettuta, bisognerebbe che lo spazio dove comparisce la luce zodiacale, fosse occupato da qualche materia atta ad eseguire una di quelle due funzioni. Ora vi ha egli nulla di più inverisimile che l' esistenza d' una tale materia? Ma ciò sia detto di volo; chè non è qui nostra intenzione di fermarci sopra un' opinione che abbiamo confutata sotto tutti i rapporti nel nostro Trattato d' Ottica. Qui vuolsi unicamente avvertire che lo spazio illuminato, distinto col nome di luce zodiacale, non può essere che uno spazio dove il fluido universale è mantenuto in uno stato di continue vibrazioni. Ma qual forza

porterà mai l'agitazione in un' estensione così vasta? La forza centrifuga del Sole. Poco importa di vedere o non vedere in questo grand' astro quel fluido elettrico che veggiamo nella nostra terra. Basta di vedervi un fluido sottile, il quale scappi dall' asse di rotazione, e nello scappare tenga in continua agitazione il fluido universale in quella parte che risponde al piano delle forze centrifughe. Il meccanico non è mai imbarazzato sulla scelta de' fluidi sottili: gli convengono tutti egualmente. Chè se ora impiega l' uno ed ora l'altro, fa questo per non urtare di fronte il costume di tener distinti l'uno dall' altro i quattro fluidi imponderabili. A parlar breve il meccanico non ha bisogno che d' un sol fluido sottile, e questo non gli manca mai nel fluido universale.

160. Questa dichiarazione è poi abbastanza esplicita per dover subito convenire che il magnetismo è, secondo noi, una proprietà che spetta a tutti i pianeti del nostro sistema; perchè ciascuno di loro gira d' intorno ad un asse, e girando dà la mossa ad una circolazione del tutto analoga a quella che abbiamo studiato sulla nostra terra. Converremo inoltre che tutti i pianeti abbiano da scuotere il fluido universale nella direzione dei rispettivi loro piani equatoriali; ma che quegli scotimenti essendo ben piccola cosa in confronto di quello cagionato dalla gran massa del Sole, non dee recar maraviglia se il fenomeno della luce zodiacale appartiene unicamente al Sole; tanto più che si tratta di una luce che per la sua languidezza non si manifesta all' occhio dell' osservatore che in certe determinate circostanze.

161. Rifletteremo in fine che i periodi scoperbi da Cassini sulle oscillazioni diurne ed annuali dei nostri aghi magnetici dipendono probabilmente da un meccanismo analogo a quello delle

maree. Posto infatti che il Sole venga dalla propria rotazione trasformato in una gran calamita, bisognerà bene che gli aghi delle nostre bussole vi obbediscano un tantino nelle loro rivoluzioni diurne ed annuali. Ma la Luna che divide col Sole l'uffizio di sollevare le acque de' nostri mari, non dividerà pure l'altro di agire sul magnetismo terrestre? Non lo credo; perchè se il magnetismo delle grandi masse deriva, come parmi, dalla loro rotazione, la Luna, o non sarà magnetica, o lo sarà ad un grado insensibile, in grazia della lentezza colla quale essa compie una circolazione intera d'intorno al proprio asse.

162. Del resto se col moltiplicar le osservazioni sul fenomeno delle oscillazioni degli aghi si venisse un giorno a scoprire la vera legge con cui procedono, e se una tal legge rispondesse così esattamente all'azione magnetica del Sole da escludere totalmente l'altra della Luna, si avrebbe in questa esclusione una prova di fatto che favorirebbe nel modo il più imponente la dottrina che fissa nel principio della rotazione la causa del magnetismo delle grandi masse (1).

XVI. QUESTIONE.

Sull'identità dei due fluidi Elettrico e Magnetico.

163. Qual'è l'elettricità con cui s'imitano più fedelmente i fatti più caratteristici del magnetismo? Quella delle correnti voltiane condotte in

(1) Il mio Trattato del magnetismo contiene un articolo, l'VIII, in cui il soggetto della luce zodiacale si trova svolto come nella presente questione.

modo da formare de' circuiti chiusi o pressochè chiusi. Chiamiamo come per lo passato, *magnetismo elettrico* quello di questi circuiti, e *magnetismo ordinario* l'altro delle nostre calamite; e poi cerchiamo in che differisca l'un dall'altro per vedere se tali differenze si possano giustificare o no nell'ipotesi che il fluido elettrico sia identico col magnetico. Ci occuperemo a momenti di questa giustificazione, ma prima dobbiamo avvertire che si avrebbe torto di negare l'identità dei due fluidi elettrico e magnetico per ciò solo che il magnetismo non manifesta i segni i più comuni dell'elettricità ordinaria. Questa, p. e., tramanda l'odor di fosforo, ed eccita sulla pelle un prurito consimile a quello delle ragnatele. Or bene, non è certo da pretendere che una calamita produca queste due sensazioni, giacchè non le produce nemmeno l'elettricità voltiana. Giova a questo proposito rammentare che quantunque l'elettricità voltiana sia sostanzialmente identica coll'ordinaria eccitata dal fregamento, pure differisce da questa sotto diversi rapporti, che tengono non già all'essenza del fluido, ma alla quantità ed al movimento d'esso fluido. L'elettricità delle correnti voltiane è poco abbondante, velocissima e continua: l'elettricità invece di fregamento è molto copiosa, meno veloce, ed intermittente. Uscirei fuori del mio argomento se appoggiato al fatto di queste rimarchevoli differenze mi fermassi a render conto del motivo per cui con un'elettricità eccitata ad un modo si ottengono de' fenomeni accompagnati da circostanze che mancano nel caso dell'elettricità eccitata all'altra maniera. Basterà avvertire in generale che le anomalie si spiegano in un modo assai plausibile, ed in particolare poi aggiungere che una sola di tali anomalie interessa da vicino

l'attuale questione dell'identità de' due fluidi, elettrico e magnetico. La consulteremo nell'articolo seguente.

Temperatura dei due Magnetismi.

164. Poniamo due termometri l'uno sul polo d'una calamita, e l'altro sul centro d'una spirale voltiana. Quest'ultimo si alza: il primo rimane al suo posto. Il fatto parla chiaro: dice che delle due circolazioni, elettrica e magnetica, la prima sola sviluppa del calore. Ora come concepire una tale differenza, nel caso in cui il fluido delle due circolazioni sia il medesimo?

Per porci sulla via di rispondere cominceremo dall'esporre una verità di fatto, ed è che l'elettricità ordinaria non dà segni di calore, mentre le correnti voltiane ne manifestano degl'insopportabili. Tale differenza ha fatto supporre a taluno che il calore dell'elettricità voltiana sia un calore non suo, ma un calore preso, per così dire, ad imprestito dalle sostanze degli elettromotori. Se la cosa fosse così, il dubbio proposto di sopra sarebbe decifrato in due parole: poichè si direbbe che l'elettricità delle calamite è bensì in movimento, ma senza aver seco quel calore che si accompagna alle correnti voltiane. Ma io, se debbo confessare il vero, non saprei così facilmente piegarmi ad un'interpretazione che getta in un imbarazzo molto maggiore di quello da cui si tenta d'uscire. Ed infatti per quale motivo il calore delle sostanze elettromotrici dovrebbe esso mai accompagnarsi alle correnti voltiane che vanno così velocemente, e il calore del fregamento non accompagnarsi all'elettricità ordinaria che va più lentamente? Da altra parte piuttosto che cadere nell'inconseguenza d'accordare il calorico per

compagno alle correnti voltiane, e di ricusarlo all' elettricità ordinaria, non vale egli assai meglio di considerare a dirittura il calore di quelle correnti come un effetto prodotto dalla somma loro velocità? Qualunque movimento un po' rapido sviluppa del calore. Facciamo scorrere lentamente una corda sopra la gola di una carruccola, e questa gola non si riscalderà: facciamo scorrere la corda più rapidamente, e riscalderemo quella gola al segno di non poterla toccare. Altrettanto succede, dico io, nel caso delle due elettricità: l'ordinaria non riscalda perchè scorre lentamente sulle superficie, la voltiana le riscalda perchè vi passa sopra rapidamente.

165. Dopo questi schiarimenti intorno all'influenza calorifera delle correnti voltiane, è facile da prevedere dove mirino le nostre idee sul conto del magnetismo freddo delle calamite: mirano a fissare per le circolazioni magnetiche una velocità moderata al segno di non eccitare la sensazione del calore. Nulla, come si vede, osta a questa supposizione: ma ciò non basta per assicurarle un posto durevole nella scienza. Ci vuole per questo qualche ragione che la sostenga validamente. Ora si sappia che ve ne ha due, le quali ci sembrano tali da non patire veruna eccezione.

La prima si deduce dal meccanismo delle fregagioni, col quale si eccita e il più forte magnetismo e la più forte elettricità. Il magnetismo consiste in correnti interne, l'elettricismo in correnti superficiali. Se vi ha dunque vantaggio nella velocità dei due movimenti determinati collo stesso mezzo, il fregamento, debb'esso trovarsi tutto dal lato del movimento superficiale. Imperocchè per quanta libertà piaccia d'immaginare entro le viscere d'un corpo, non si arriverà mai a concepirvene tanta, quanta ne esiste al di fuori.

Anzi ragion vuole che si fissi a questo riguardo una differenza forse maggiore di quella ch'esiste fra l'elettricità ordinaria e la voltiana, le quali alla fine scorrono amendue sulle medesime superficie, evitando lo stesso genere d'intoppi.

166. La seconda ragione poi consiste in questo; cioè che bisogna bene che il più forte magnetismo spetti a circolazioni d'una mediocre velocità, perchè queste sono le sole le quali possono girar dentro le calamite senza guizzar fuori delle sponde di questa specie di vasi: sponde, come si avvertì a suo luogo, assicurate dalla sola pressione d'un fluido esteriore (114). Tanto dunque per quest'ultimo motivo come per l'altro, crediamo d'essere autorizzati a credere che la velocità delle circolazioni magnetiche sia inferiore di molto a quella dell'elettricità ordinaria. E quindi riterremo, se non disperata, l'impresa di trarre del calore dalle nostre calamite, almeno tale da non occuparsene che dopo d'aver avuto qualche indizio calorifero dall'elettricità ordinaria.

167. La terra è sinora agli occhi nostri la sola calamita che presenti nel suo seno un calore d'origine veramente magnetica. Ma quale differenza fra il gran vaso della terra e quello delle nostre verghe? La disparità è così grande da trovare in essa un nuovo motivo per dubitare se si giungerà mai a conseguire qualche segno termometrico dalle circolazioni delle nostre piccole calamite.

Luce d'un solo magnetismo.

168. Il magnetismo elettrico si rende luminoso col mezzo delle scariche elettriche (Questione VIII). Il magnetismo ordinario è sempre oscuro. Eppure non dovrebb'egli anche quest'ultimo

dar qualche segno di luce in qualche favorevole circostanza, come sarebbe p. e. quella del magnetismo passeggiero (Questione IX n.° 111), dove l'elettricità dell'ambiente precipita dentro il vaso magnetico, mentre il fluido in rotazione scappa dalla pancia del vaso medesimo? L'obbjezione è ragionevole; ma tale per altro da non rimanere senza risposta; poichè si risolve colla massima che assegna ai giri magnetici una velocità notabilmente minore di quella che spetta ai torrenti elettrici di qualunque specie essi si siano.

Energia dei due magnetismi.

169. Una calamita per debole che sia, è, generalmente parlando, una gran calamita rispetto alle spirali elettriche le più compatte, e le più attive per la forza delle loro correnti. Onde ciò se queste correnti sono, per quel che si è detto di sopra, molto più veloci delle circolazioni magnetiche? La ragione ne è evidente. Il magnetismo delle spirali si debbe ad un velo d'elettricità, quello che scorre sulla superficie delle spire: il magnetismo delle calamite si debbe invece ad una massa d'elettricità, quella che gira dentro il vaso magnetico. Nel primo caso delle spirali si tratta d'un *momentum* eguale ad un velo d'elettricità moltiplicato per una gran velocità: nel secondo delle verghe calamitate, si tratta d'un *momentum* eguale ad una massa di elettricità moltiplicata per una mediocre velocità. Quest' ultimo *momentum* ha in generale un deciso sopravvento sul primo; a cagione che vi è più differenza fra le masse che non ve ne ha fra le velocità.

Polarità dei due magnetismi.

170. Una spirale cilindrica (vedi la figura 5) ha i suoi poli collocati all'estremità dell'asse: un cilindro calamitato gli ha invece un poco al di dentro di quelle estremità. Noi già mostrammo sin dalla prima questione d'onde derivi una tale differenza: deriva dalla forma della circolazione, che nell'un caso è *cilindrica*, nell'altro è *fusiforme*.

171. Un ago magnetico diviso in più parti presenta in ogni suo frammento le proprietà di tutto l'ago. Altrettanto succede alle spirali formate in modo, come quelle della figura 5., da avere le proprie spire a contatto le une delle altre. Basta infatti dividerle in più tronchi, coll'aprire in qua e in là le spire a contatto, per vedere l'estremità d'ogni tronco polarizzate allo stesso modo d'una sola spirale compatta dall'un capo all'altro. Tali separazioni (vedile sulla figura 30) rappresentano assai bene il fenomeno dei *punti conseguenti;* di quei poli cioè che nascono in mezzo alle verghe calamitate ogni qual volta la circolazione esistente dentro di queste forma, non un solo fuso, ma parecchi distinti l'uno dall'altro.

172. Rompiamo in due un ago calamitato e poi ricongiungiamo ben bene i due pezzi: ad onta di questa precauzione non si veggono quasi mai a disparire dal luogo della congiunzione i due poli *sud* e *nord* che si formarono al momento della rottura. Anzi, per quanto io posso giudicare dalle mie osservazioni, è tale la costanza di que' poli intermedj da cedere ad una sola condizione, qual si è quella che l'uno de' due pezzi sia molto più lungo dell'altro. Al contrario la scomparsa de' punti conseguenti è un accidente che non manca mai di verificarsi sulla riunione

de' tronchi delle spirali elettriche, per quanto siano quelle parti sproporzionate in lunghezza. La ragione di questa differenza salta agli occhi di chiunque pensi che le circolazioni magnetiche, una volta divise sopra più pezzi, non godono come le elettriche del privilegio di ricomporsi in una sola. Guardate, p. e., i due tronchi N*s*, *n*S (*Fig.* 30) della spirale cilindrica NS, e vedrete che basta ricongiungerli insieme, per ripristinare quell' unico sistema di circolazione che aveva luogo prima della disgiunzione. Considerando invece le due calamite NS, N'S' (*Fig.* 21) come derivanti da un solo cilindro NS' tagliato per mezzo, vi accorgerete subito che non basta ricongiungere le due parti NS, N'S' per confondere in uno i due sistemi di circolazione che si determinarono all' atto in cui si troncò in due il cilindro NS'. Bisogna ricordarsi che sono *fusiformi* le circolazioni magnetiche, e che siffatta specie di circolazioni nasce, per quanto ci pare, dalla circostanza che obbliga il fluido delle calamite a rovesciarsi sull' asse di rotazione per la via delle regioni polari. Sono insomma i rovescj descritti al N. 97 della questione VI che tendono a tener separate le circolazioni di NS, N'S'. Non vi ha che un solo caso in cui possa succedere la confusione, ed è quello in cui una delle due circolazioni sia così superiore all' altra da strascinarla nel proprio movimento. Ora questa è per appunto l' eccezione indicata dall' esperienza di una calamita rotta in parti molto disuguali; perchè il magnetismo della parte piccola risulta debolissimo in confronto di quello che resta nella grande.

173. Due aghi magnetici posti accanto l' uno dell' altro in modo che si guardino coi poli dello stesso nome, si respingono. Lo stesso accade alle spirali cilindriche disposte come gli aghi. Ma se

questi due aghi si tengono di forza congiunti insieme per un certo tratto di tempo finiscono sovente per aderire l'uno all'altro. Questo effetto è impossibile a conseguirsi colle spirali elettriche. Ma perchè? Perchè l'uno dei due aghi rovescia il magnetismo dell'altro, convertendo così le braccia ripulsive in braccia attrattive (10, 35). Non vale poi la pena d'aggiungere che le spirali elettriche non si prestano a questo genere di trasformazioni, perchè esse ripetono il loro magnetismo da correnti la cui direzione è determinata dagli elettromotori.

174. Gli spigoli delle calamite sono le parti a cui la limatura di ferro corre di preferenza, che alle parti centrali. Il contrario succede nelle spirali elettriche. Si parlò a lungo di questa differenza nella questione VII. Io credo d'essere stato il primo a trattare questo soggetto in quel modo che conveniva alla sua importanza. Ciò poi che dissi in allora, mi dispensa dall'obbligo di giustificare nel presente luogo un fatto che si rammenta pel solo motivo di non averlo disgiunto dagli altri della stessa specie.

Azione chimica del magnetismo.

175. Facciamo passare attraverso l'acqua d'un vaso una corrente elettrica incanalata al solito sopra un filo congiuntivo. In tal caso l'acqua si riscalda, ma non si decompone. Si tronchi il filo in mezzo all'acqua: si separino un poco le parti tagliate, ed in allora l'acqua cessa dal riscaldarsi ed invece si decompone. Lo stesso avviene alle soluzioni saline, ed in generale ad ogni sorta di prodotti chimici sottoposti all'azione delle correnti voltiane. Tutte queste sostanze si decompongono, ma soltanto allora che l'interruzione

dell' arco metallico permette ad esse di far parte integrante del circuito. Tolta l'interruzione, l' elettricità se ne va quasi tutta per la via del filo conduttore non lasciando d' intorno a se altro vestigio che quello del calore.

Niun dubbio adunque che per decomporre una certa sostanza colle correnti voltiane sia indispensabile la condizione ch' ella medesima entri nel circuito. Ora come condursi per soddisfare a questa condizione con una, o più calamite? La cosa è patentemente impossibile, s'egli è pur vero, come abbiamo ritenuto sin quì, che esse tengano la loro virtù dall'elettricità che gira dentro di loro rientrando esattamente in se medesima senza uscir fuori de' vasi che la contengono.

176. Io era ben lontano dall' aver fissate queste idee quando mi vennero a notizia le sperienze magneto-chimiche di Murray (1). Ecco, io dissi in allora, nella ripristinazione de' metalli conseguita dal chimico Scozzese con un processo puramente magnetico, ecco in ciò una novella prova da aggiungersi alle tante altre che il fluido del magnetismo è sostanzialmente identico col fluido dell' elettricità (2). Ora per altro la penso assai diversamente: penso che se le esperienze di Murray fossero giuste, fornirebbero esse un argomento più contrario che favorevole all' identità dei due fluidi. Imperciocchè noi avremmo da un lato le calamite che agirebbero chimicamente, e dall' altro le spirali voltiane che non agirebbero chimicamente. Non bisogna mai dimenticare il luogo dove le correnti voltiane

(1) *Bibl. Unio.* Tom. XIX Janvier. 1822.
(2) *Sul confronto de' circuiti elettrici coi circuiti magnetici* (Modena 1822.)

acquistano la proprietà di decomporre le combinazioni chimiche. Cade un tal luogo là dove il corso delle correnti è interrotto da conduttori di 2. Classe come sono l' acqua, le soluzioni saline ecc.: interruzione, il replichiamo, che manca nelle spirali elettro-magnetiche egualmente che ne' circuiti delle calamite di lor natura perfettamente chiusi.

177. Dopo d' avere mostrato come la più stretta analogia conduce ad escludere il magnetismo dal novero degli agenti chimici, renderemo la ben dovuta giustizia al Marchese Ridolfi, il quale fu il primo che qui in Italia traesse dalle proprie osservazioni argomento per dubitare di quelle di Murray (1). Indi confessando ingenuamente d'aver prestato troppo sollecita fede all' azion chimica del magnetismo aggiungeremo che ora tutto ci move a collocarci dal lato dei fisici a cui non riuscirono le esperienze magneto-chimiche. Ci move la ragione; perchè sarebbe una singolarità ben poco verisimile che il magnetismo *ordinario* decomponesse le sostanze a fronte del magnetismo *elettrico* che non le decompone. Ci move il fatto; perchè il Signor Merosi, Professore di Chimica in questo nostro Liceo di Reggio, ed io abbiamo ultimamente eseguiti due esperimenti il cui risultato ci sembra decisivo. Il primo che può dirsi un esperimento nuovo, è questo.

178. Si è preparato del muriato d' argento (*cloruro d'argento*), ridotto in finissima polvere, seccato ben bene e disteso sopra due lastrine di vetro all' altezza di mezza linea incirca. Si sono in seguito collocate le due lastrine all' oscuro per sottrarle all' azion della luce, e disposte in modo

(1) *Antologia* di Firenze N. XIX. (1822)

che l'una delle due avesse sopra di se una barra d'acciajo non calamitata, e l'altra i due poli d'una buona calamita a ferro di cavallo. La distanza a cui si tenne il muriato d'argento dalle superficie de' pezzi superiori, fu la medesima in amendue le disposizioni, ed eguale alla grossezza di tre o quattro fogli di carta. Eseguito questo, si andò osservando di tempo in tempo la polvere delle due lastrine; ma non si rinvenne mai in veruna delle due la più piccola differenza. Si replicò più volte l'esperimento, ma il risultato fu sempre lo stesso. La polvere si andava col tempo leggermente oscurando, ma tanto sotto la barra non calamitata, che sotto i poli della calamita; ed egualmente questi pezzi d'acciajo s'irrugginivano nelle estremità situate al di sopra del cloruro d'argento. Questa ruggine, dopo l'azione di tre o quattro giorni, era molto profonda e rossiccia quanto l'ocra. Tali circostanze ci persuasero ch'essa derivasse dal sale che lasciava scappar via una porzione di cloro. La semplice umidità non poteva cagionare un sì gran guasto nel breve periodo di pochi giorni.

A tutti è nota la facilità colla quale si altera il muriato d'argento. Basta l'azione del raggio violetto per annerirlo in pochi minuti. Pure il magnetismo non manifestò sopra di lui veruna sorte d'influenza.

179. Per l'altra esperienza si sciolse mezz'oncia di nitrato neutro d'argento (1) in tre oncie d'acqua, le quali si divisero in quattro bicchierini, per averne due di riserva. Presi i primi due si tuffò contemporaneamente in ciascheduno di loro un pezzo d'acciajo non calamitato; ma uno

(1) Conosciuto sotto il nome di *pietra infernale*.

di questi pezzi si mise a contatto d'uno dei due poli d'una buona calamita: l'altro si lasciò isolato. Così si ebbe il doppio vantaggio di garantire la calamita dall' azione del sale, e d'infondere sull' acciajo dell'esperimento un magnetismo superiore a quello di saturazione (66). Ad onta di ciò il pezzo calamitato non operò niente più del non calamitato. Per un' ora all'incirca le due soluzioni non diedero alcun segno manifesto di decomposizione: indi cominciarono a vedersi alcune pagliucce, attaccate qua e là senza ordine alcuno, d'intorno ai due pezzi d'acciajo. Dopo sei ore si era già formata alla superficie del liquido, e d'intorno a ciascun pezzo una pellicola, in forma d'aureola, di argento ripristinato. Non si perdè di vista il fenomeno per due giorni. La decomposizione continuò sempre, ma sempre in modo da non accorgersi di verun vantaggio dal lato del pezzo calamitato.

180. Ci rimaneva la soluzione dei due bicchierini di riserva. L'impiegammo anch' essa col sostituire ai due pezzi d' acciajo, due pezzi di ferro dolce tagliati dalla stessa barra, e grossi da quattro in cinque linee. L'uno si conservò allo stato naturale, l'altro si calamitò per consenso. Questa seconda prova eseguita sopra barre così grosse e così eguali sotto tutti i rapporti, confermò pienamente il risultato della prima. L'argento del sale si ripristinò egualmente d'intorno ai due pezzi di ferro immersi nella soluzione; nè una tale riduzione cominciò a farsi palese che dopo l'intervallo d'un' ora all'incirca.

181. „ Allorchè s'immerse (dice Murray nella sua memoria sulla decomposizione de' sali metallici per mezzo della calamita (1)) la barra

(1) *Bibl. Univ.* Tom. XIX.

„ magnetica nel nitrato d'argento, il polo nord „ si coprì *all' istante* di pagliuccole brillanti „ d'argento. „ La circostanza d'una tale *istantaneità* non può a meno di recar meraviglia a noi che abbiamo dovuto aspettar così lungo tempo prima di vedere comparire le pagliuccole d'argento. Pure conoscendo quanto varii la condizione del tempo nelle faccende chimiche, riterremo più accidentale che altro il motivo d'una tale differenza. Ed in realtà se le circolazioni magnetiche possedessero in qualche modo la facoltà d'accelerare le decomposizioni chimiche, questa accelerazione sarebbe una prova che i prodotti chimici intercetterebbero una parte della propagazione del magnetismo; perchè, come già si disse un'altra volta, ogni azione trasmessa è perduta affatto pel corpo che fa la trasmissione (121). Ora può ben darsi che il magnetismo non si propaghi attraverso le sostanze con tutta quella libertà che gli si accorda comunemente, ma nemmeno per questo è da supporre che venga arrestato in guisa da scuotere sensibilmente l' architettura delle molecole integranti de' corpi (123, 124). Del resto il campo delle esperienze è aperto a tutti, e noi sempre disposti a rettificare le nostre idee a norma delle verità di fatto che la scienza andrà proclamando.

CONCLUSIONE.

Che resta egli a fare nel magnetismo? Molti lavori, se non importanti al par di quelli che si sono eseguiti in questi ultimi tempi, tali almeno da occupare degnamente la sagacità de' fisici e de' geometri. Abbiamo già nel corso delle precedenti questioni avuto occasione di notare parecchi articoli, su cui l' esperienza non ha sinora parlato abbastanza. Ora passeremo ad indicare le altre

lacune, che ci sembrano reclamare una sollecitudine particolare. Comincieremo da quelle che s'incontrano nel *Magnetismo ordinario* indi ci occuperemo delle altre ove questo magnetismo si combina più o meno colle vicende di *Elettricità*, *Luce* e *Calorico*.

Magnetismo ordinario.

I. Una calamita perd' essa della sua forza nel comunicarla ai corpi suscettivi di riceverla?

La dottrina risponde che si, perch' essa vede nel corpo calamitabile un vaso pieno di un fluido che si mette a circolare a spese della circolazione esistente dentro la calamita. Eppure non è caso straordinario che una calamita si trovi più attiva dopo aver servito a calamitare che prima. D'onde quest' aumento d' energia? Oltre alla forza della primitiva circolazione vi ha, ne' processi di calamitazione, da considerare parecchie altre azioni, come sono quelle del magnetismo terrestre, del fregamento, delle scosse, dei distacchi, ec. Ecco una serie di cagioni capaci di render conto delle più strane anomalie. Ad ogni modo è questo un soggetto che merita un esame più severo.

II. Qual' è la miglior forma da assegnare ai fascj di verghe destinati all' uffizio di calamitare delle grosse barre d' acciajo?

III. Qual' è il metodo migliore di servirsi di que' fascj?

IV. Qual' è la forma più adattata per gli aghi da bussola?

V. È dessa giusta la distinzione che suol farsi delle calamite in *vigorose* e *generose*?

VI. Qual' è, per le calamite a ferro di cavallo, la curvatura da scegliersi, perchè sostengano, *cæteris paribus*, il massimo peso?

VII. Per sostenere un dato peso, è dessa o no indifferente la forma del ferro che si attacca ai poli della calamita?

Ecco una serie di questioni agitate da lungo tempo, e sulle quali si è scritto moltissimo in differenti epoche. La massa per altro di quelle speculazioni non si sostiene a fronte delle nuove dottrine. Conviene, per quanto io credo, ripigliare da capo tutti quegli argomenti, e trattarli col *principio della circolazione fusiforme*. Ma come trattarli in un modo decisivo? Col calcolo: è questo l'unico mezzo per giungere a conseguenze che meritino fede. Il fisico non debbe arrogarsi i diritti del geometra: ciascuno serbi i suoi confini, e la scienza guadagnerà da ambo i lati.

Magnetismo ed Elettricità.

I. Ripetere l'esperienza della luce elettromagnetica con un elettromotore di grandissima forza. Io mi limitai nella questione VIII all'azione delle scariche elettriche, perchè gli elettromotori che ho a mia disposizione, sono troppo deboli per tentare con essi una prova, la quale non so se riuscirà nemmeno cogli apparati più grandiosi. Ad ogni modo l'interesse della scienza esige che non si risparmi verun tentativo per vedere se fosse mai possibile di conseguire, col mezzo di correnti continue molto energiche, una luce la quale per la sua durata e pe'suoi accidenti imitasse quella delle aurore boreali più che non può fare il chiarore momentaneo prodotto dall'azione delle scariche elettriche. I tentativi dovranno cominciarsi nel vuoto delle macchine pneumatiche sia perchè egli è più facile di conseguire là dentro la luce elettro-magnetica, sia pel paragone che vuol farsi di questa luce con quella delle aurore boreali (108).

II. Non perder di vista il corso delle *bolidi* ed altre meteore luminose: perchè può darsi che la causa, sinora ignota, di tali fenomeni si ritrovi alla fine nella circolazione che veste la terra delle proprietà magnetiche.

III. M. Ampère, avendo liberamente sospeso un anello di rame in mezzo ad un circuito di correnti elettriche molto gagliardo, ebbe da quel anello de' segni ben distinti di movimento, poichè quando gli presentava da un lato una calamita a ferro di cavallo assai vigorosa lo vedeva avvanzarsi fra le branche della calamita, o rinculare da queste secondo la direzione che seguivano le correnti sul filo del circuito voltiano (1). Bello è l'esperimento, e tale senza dubbio da provare che sotto l'influenza di quelle correnti viensi, sull'anello circuito da esse, a determinare un giro magnetico. Ma questo giro si compierà egli alla superficie dell'anello, come accade ai conduttori voltiani che lo producono, oppure sarà egli un giro interno, come quello del magnetismo ordinario? Niuno che mi sappia, ha posto sinora mente alla possibilità di questi due giri. Pure convien pensarvi e cercare di togliersi dall'alternativa con un qualche esperimento decisivo. Imperocchè se si giungesse mai a provare *interno* il magnetismo acquistato da un anello qualunque in mezzo ad un circuito di correnti voltiane, verrebbe a dilatarsi per modo il dominio del magnetismo da rendere poco meno che inutile la distinzione de' corpi in magnetici, e non magnetici. Sarebbero tutti suscettivi d'una tale proprietà, senza differire in altro se non che nella maggiore o minore facilità di riceverla e conservarla. Ad ogni

(1) *Bibl. Univ.* Tom. XXII. pag. 84.

modo converrà aspettare che parli l' esperienza prima di sopprimere qualunque linea di demarcazione fra le due classi di corpi che esaminammo nella Questione XI.

IV. Le turmaline si trovano, come tutti sanno, cristallizzate per lo più in lunghi prismi, i quali riscaldati a dovere, si elettrizzano *positivamente* da un capo e *negativamente* dall' altro. Ora si chiede, se questa proprietà sia tale da arricchire la scienza d' un nuovo istrumento elettro-magnetico? La risposta dipende da una cognizione che ci manca, dal sapere cioè se il calore che elettrizza le turmaline valga ò no (sinchè dura) a mantenere in quella sorta di pietre un grado di conducibilità discreto abbastanza da permettere che l' elettricità del polo positivo passi al negativo per la via metallica d' uno de' soliti fili congiuntivi. Ho, a dir vero, conseguito qualche indizio d'un tale passaggio nell' esplorarlo al dissopra d' un ago magnetico galleggiante verticalmente sull' acqua; ma nemmeno per questo darò alcun peso ad una prova che mi presentò de' segni così poco distinti, ed era in parte compromessa dalla qualità stessa delle mie turmaline appartenenti alla classe delle poco elettrizzabili. I fisici che ne posseggono de' pezzi migliori, quali son quelli che uniscono una certa lunghezza ad una bella trasparenza, scioglieranno facilmente ogni dubbio coll' esperimentarli in guisa da riconoscere la vera loro virtù.

V. Le leggi che l' elettricità segue alla superficie de' corpi conduttori, soffrono esse alcuna modificazione al dissopra delle calamite? Dalle sperienze relative alla forza elettromotrice de' metalli si sa, per esempio, ciò che accade al ferro posto a contatto dello zinco: il primo cede una dose della propria elettricità al secondo. Or bene que-

sto disequilibrio, già conosciuto sul ferro in istato naturale, sussisterà egli il medesimo nel caso in cui quel metallo sia ben bene calamitato? La ricerca è delicata, ma importante al segno che non merita d'essere abbandonata per la sua difficoltà.

Magnetismo e Calorico.

I. Il magnetismo è una proprietà che si perde affatto nelle temperature molto elevate. Il ferro infatti e l' acciajo riscaldati al segno dell' incandescenza non si attaccano più alle calamite. Parimenti una calamita esposta all' azione del fuoco diminuisce di virtù a misura che si riscalda, e finisce appunto per perderla del tutto quando giunge al grado dell' arroventamento.

Niun dubbio adunque che il calore influisca sul magnetismo; ma quell' agente come esercita egli una tale influenza?

La risposta è assai semplice per chi vede nelle calamite una circolazione che va soggetta al pericolo di diminuire e di estinguersi ogni qualvolta la si mette in conflitto con altri movimenti che non si combinino col suo. Immaginiamoci, pel caso speciale di cui si tratta, una stella di raggi diretti tutti allo stesso centro, e supponiamo che intorno a questo centro si compia uno de' soliti giri magnetici. Questo giro si rinnoverà liberamente sintantochè sui raggi che lo traversano, non si eseguirà movimento di sorte veruna. Ma tosto che si concepisce sopra que' raggi il movimento di calore che serve a riscaldare un corpo, si comprende subito come un tale movimento, il quale si fa dal di fuori al di dentro, tenda a distruggere i giri circolari del magnetismo. Che se il movimento di calore invece di essere immaginato dalla circonferenza al centro, s' imma-

gini nel senso inverso, vale a dire dal centro alla circonferenza per indicare un corpo che si raffredda, in allora si comprenderà il motivo per cui il ferro incandescente non ceda all' azione della calamite, che dopo d'essersi raffreddato al segno di permettere alle circolazioni esterne di propagarsi entro le proprie viscere.

II. Una parte del calore che si dirige contro de' corpi, è riflettuta indietro dalla superficie di questi medesimi corpi. Ora si dimanda, se una tale riflessione sarà o no egualmente abbondante sul dorso di due barre d'acciajo, l' una calamitata e l' altra no?

La dottrina risponde a favore della barra calamitata: perchè questa ha dentro di se una circolazione, la quale tende per la sua forza centrifuga a ributtar indietro qualunque materia che tenti d' entrare nel vaso magnetico. Invito i fisici provvisti di buoni stromenti a tentare questo esperimento, il quale, riesca o no, presenterà sempre un certo grado d'utilità. Se riesce, si avrà in esso una non dispregevole conferma delle dottrine precedenti: se non riesce, s' imparerà dal medesimo che fra le velocità dei due movimenti, calorifico e magnetico, passa così gran differenza, da non influenzarsi sensibilmente ne' casi ordinarj. Già negli altri d' un calore straordinario l' influenza del conflitto è troppo manifesta per non doversi allarmare sul conto d' uno esperimento, dove si tratta di misurare delle differenze non forse ancora abbastanza sensibili pe' nostri migliori istromenti.

Magnetismo e Luce.

I. Ripetere l'esperienza del Prof. Morichini nel senso che sono per dichiarare.

Che si tratta egli di fare quando vuolsi calamitare un cilindro d' acciajo? Si tratta d' imprimere nel fluido di quel cilindro un movimento di rotazione d' intorno all' asse del cilindro medesimo. Ora come riuscire in quest' operazione con forze da applicarsi al dorso di quel pezzo di forma oblunga? Due, come si vede, sono le condizioni da soddisfare in quest' occasione; l' una che le forze siano applicate trasversalmente alla lunghezza del cilindro; l' altra che la risultante di tali forze passi ad una certa distanza dall' asse del cilindro medesimo: il tutto conforme al modo più semplice di calamitare, qual si è quello di far passare una scarica elettrica trasversalmente al dissopra d' un ago (6).

Ciò posto s' immagini un raggio di luce diretto sopra un ago da bussola scalamitato, e si vedrà chiaramente che per decidere la questione se la luce possegga nel suo raggio violetto una virtù magnetizzante, converrà ripetere l' esperienza di Morichini in modo che l' ago riceva *da un lato solo* l' azione del raggio e *trasversalmente*.

Non deve poi recar meraviglia se niuno de' fisici che tentarono questo esperimento abbia pensato alla differenza che può nascere ne' risultati dal cangiare la posizione dell' ago rispetto alla direzione de' raggi destinati a calamitarlo; perchè questa è tale circostanza, il cui valore non poteva farsi sentire in un tempo nel quale non si sapeva in che consistesse il principio del magnetismo. Ora per altro che tutta la massa de' fatti antichi e moderni concorre a provare in modo il più luminoso che quel principio consiste in un movimento di rotazione, si può su tutto il fondamento assicurare che se il raggio violetto possiede tanta forza da calamitare un ago, quest' effetto accadrà quando quella

forza verrà applicata all'ago da un lato solo e trasversalmente. Mi guarderò bene dal fare alcun pronostico sul soggetto di una forza, di cui ignoro l'efficacia; ma dirò a dirittura che se il raggio violetto, impiegato come suggerisce la dottrina, svilupperà sugli aghi un magnetismo non equivoco (1), si potrà rendere buon conto della discordia degli antichi esperimenti col dire: che i fisici a cui riuscì la calamitazione, favorirono accidentalmente la disposizione trasversale ed eccentrica; mentre gli altri a cui non riuscì la prova o non favorirono punto quella combinazione, o non la favorirono abbastanza.

Del resto persuaso come io sono che il raggio violetto risponda alle onde della luce *più ampie* (2) non duro alcuna fatica a comprendere come quel raggio possa sugli altri godere un qualche vantaggio in tutte quelle operazioni dove si tratta d'agire con un certo *momentum*. Per qual ragione i raggi violetti alterano essi così presto il muriato d'argento sottoposto alla loro azione (178)? Perchè, dico io, que' raggi (in cui la luce compie le sue onde più ampie) rompono le molecole integranti di quel sale più facilmente che non fanno i raggi dall'onde più minute (3). La scossa prodotta dalla scarica d'un' onda contro d'un ostacolo è, *caeteris paribus*, tanto più forte quanto l'onda è più ampia. Questo principio dinamico non sarà, spero, rammentato fuor di tempo, se servirà a persuadere che quando si

---

(1) È questo uno de'casi da non perder d'occhio gli effetti dovuti all'azione del magnetismo terrestre (Questione XII, n.° 140).

(2) Vedi il mio *Trattato d'Ottica*. Art. V.

(3) Vedi il mio *Trattato del Calorico* Art. IX.

giungesse a calamitare coi soli raggi violetti, sarebbe questo un effetto che il meccanico registrerebbe accanto all'azion chimica di quegli stessi raggi, senza punto maravigliarsi di questa doppia loro virtù.

II. La luce si riflette, come il calorico, ora più ora meno, secondo la condizione delle superficie riverberanti. Quell' interesse adunque che si ha di sapere se il magnetismo favorisca la riflessione del calorico, si rinnova ora per la luce su cui si dovrà istituire un esperimento analogo a quello che suggerimmo di sopra relativamente al riverbero del calore.

III. Studiare la polarizzazione della luce sopra le superficie calamitate. Sarà questo uno studio da non esaurirsi così presto, se la velocità dei due movimenti, magnetico e luminoso, sia tale da rendere sensibile l'azione dell'uno sull'altro.

IV. Studiare infine i fenomeni della diffrazione presso taglienti d'acciajo fortemente calamitati, per vedere se le frangie colorate soffrono qualche alterazione in grazia del magnetismo. In questo esperimento il conflitto delle due potenze luminosa e magnetica, mi sembra combinato nel modo il più favorevole all' appariscenza de' risultati. Sarebbe questa la combinazione, a cui mi applicherei prima d'ogni altra.

Tali sono, se non tutte, buona parte almeno delle lacune che rimangono da riempire nel ramo del magnetismo. Dopo d'averle indicate con quell' ordine che conveniva al piano delle nostre questioni, porremo fine al presente lavoro con un' avvertenza relativa alla direzione generale delle nostre idee. Abbiamo, è vero, cercato di spiegarci

in modo da uscire il meno possibile dal cerchio delle cognizioni più comuni; pure da certe nostre espressioni traspira abbastanza la tendenza che abbiamo verso un nuovo ordine di cose. Non pensiamo già che si abbia ad introdurre nella scienza una divisione differente da quella de' suoi quattro gran rami della *Luce*, del *Calorico*, dell' *Elettricità* e del *Magnetismo*: pensiamo che se lo stato attuale delle nostre cognizioni non esige una nuova classificazione, richiegga bene una riforma nel modo di studiare i fenomeni d' ogni categoria. Ignoro qual parte delle innovazioni ch' io proposi nella mia *Meccanica della materia*, possa meritare il suffragio de' fisici, e quale no. Parmi per altro di non aver sinora nessun motivo di rinunciare allo spirito di quelle dottrine le quali stabiliscono per massima;

I.

Ch' esista in natura un solo fluido sottile per se stesso elastico, sparso da per tutto, dentro e fuori de' corpi.

II.

Che un tal fluido produca i fenomeni della LUCE *quando vibra in modo da propagare delle* onde d' un' ampiezza piccolissima, *le sole che passino liberamente attraverso de' corpi diafani ed agiscano in un modo distinto sull' organo della visione.*

III.

Che lo stesso fluido etereo produca i fenomeni del CALORICO *quando vibra in modo da propagare delle* onde d' un' ampiezza maggiore *di quella che spetta alla scala delle onde luminose.*

IV.

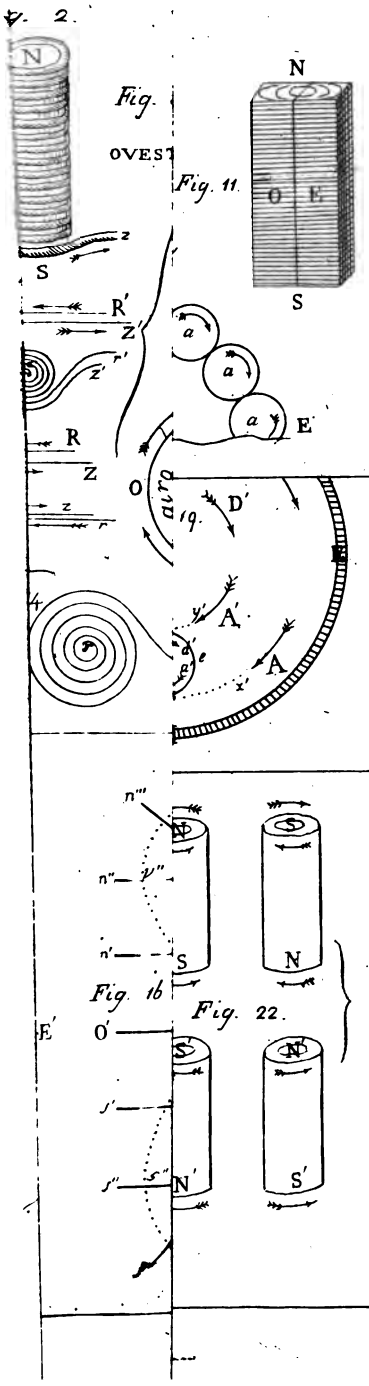
Che il solito fluido produca le vicende della ELETTRICITA' *quando* si sbilancia in più o in meno *alla superficie de' corpi.*

V.

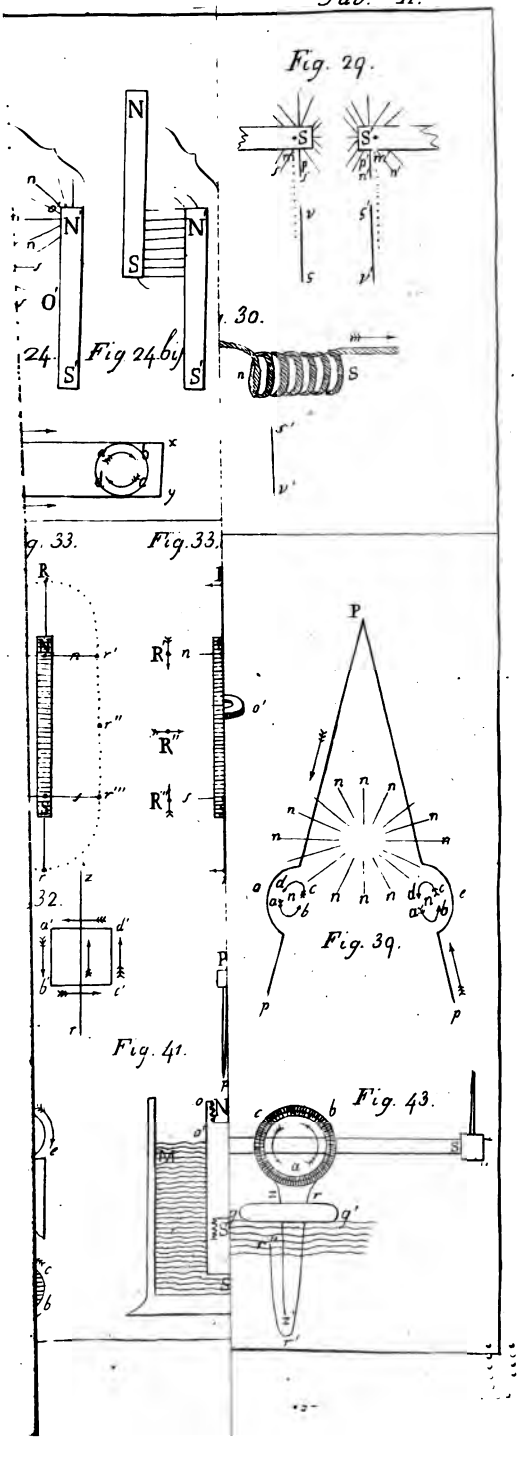
Infine che il medesimo fluido determini gli effetti del MAGNETISMO, *quando* gira in tondo *sia dentro de' corpi, come nelle calamite, sia alla superficie di essi, come nelle spirali elettriche.*

Per la prova delle prime quattro massime dirigerò il Leggitore alla mia Meccanica, dove mi sembra d'averle bastevolmente sviluppate. Per l' ultima poi inviterò i fisici a non valutare che il libro delle presenti questioni. Un movimento circolare, visto in un fluido, costituisce senza dubbio una specie di vortice, anzi un vortice propriamente detto. Ciò nullameno debbo confessare che se ho sempre creduto all'esistenza de' movimenti vorticosi dentro le calamite, pure vi ha una notabile differenza fra quelli che ci veggo attualmente, e gli altri che ci vidi per lo passato. La chiave del magnetismo sta nella *legge dell' irraggiamento magnetico*: legge di cui non ho sentita tutta la forza che in questi ultimi tempi, ad onta che all'epoca in cui pubblicai il mio Trattato del Magnetismo, la scienza fosse avvanzata abbastanza per indicarmi nella disposizione che la limatura di ferro prende d' intorno alle calamite, il fatto che doveva servire di base a tutti gli altri.

Tav: I.a



Tav. II.



Tav. III.

Fig. 42.

Fig. 45.

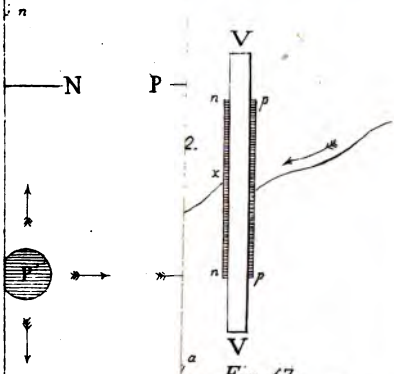
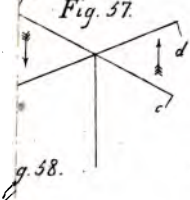


Fig. 57.



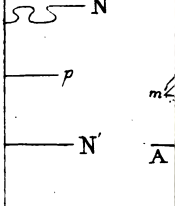


Fig. 58.

Fig. 59.

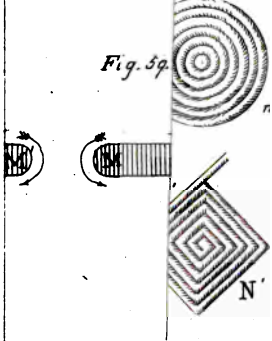


Fig. 62. bis.

Tav. IV.

Fig. 66.

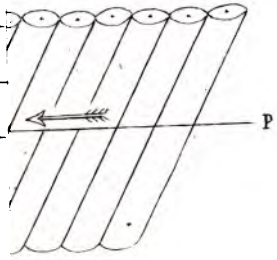


Fig. 71. bis.

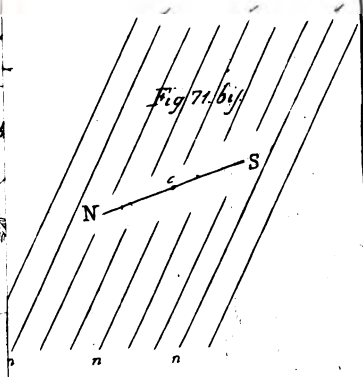
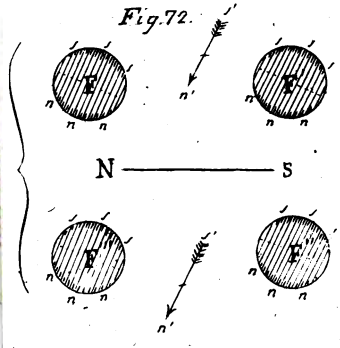



Fig. 72.